

Bedeutung von Bodenreaktion und Nährstoffgehalt für das Vorkommen von Arten der Sandtrockenrasen auf Brachflächen

Michael Glemnitz, Angelika Wurbs, Martin Dieckmann

Synopsis

Importance of pH and nutrient content in soils for the occurrence of dry sandy grasslands on abandoned arable fields

Relationships between plant species composition and some soil parameters (C_t , N_t , P, K contents, and pH) were investigated in dry sandy grasslands (*Sedo-Scleranthetea*) and abandoned arable fields of different age (5 to 7 years and over 30 years) in the eastern part of Brandenburg State, FRG, in order to evaluate the prospects to restore dry sandy grasslands on abandoned arable fields.

Soil under dry sandy grassland contained on average less than 0.08% total nitrogen, less than 1% total carbon, less than 0.4 ppm soil plant available potassium and phosphorus and had a pH-value below 4.5. Abandoned fields on comparable sandy soil had total nitrogen and carbon contents similar to those of the dry grasslands. On older abandoned arable fields the potassium and phosphorus contents were similar to those of dry sandy grasslands, whereas on more recently abandoned arable fields these nutrients showed in some cases much higher levels.

The species composition of old abandoned arable fields was closely similar to that of the dry sandy grasslands. Even on recently abandoned arable fields abandoned (5 to 7 years) many species from the *Sedo-Scleranthetea* occurred, although the vegetation was dominated by species of the *Artemisietea/Agropyreteae* and the *Molinio-Arrhenatheretea*. Canonical correlation analysis indicated that these ruderal species were promoted by both the high potassium and phosphorus contents and the elevated pH-value of old field soils. Especially the abundance of species like *Agropyron repens*, *Artemisia vulgaris*, *Bromus hordeaceus*, *Vicia hirsuta*, and *Rumex thrysiflorus* were correlated with high phosphorus and potassium contents and high pH-values in the soil. High pH-values were adverse for the development of typical species of dry sandy grasslands like *Corynephorus canescens* and *Agrostis capillaris*.

abandoned arable fields, soil nutrient contents, pH-value, vegetation composition, dry sandy grasslands, Sedo-Scleranthetea, canonical correlation analysis

1 Einleitung

Sandtrockenrasen sind ein charakteristischer und kulturhistorisch bedeutsamer Biotoptyp für weite Teile Nordostdeutschlands. Ihr häufiges Vorkommen in diesem Gebiet ist sowohl auf das umfangreiche Vorhandensein nährstoffarmer, trockener Sandstandorte als auch auf die Durchmischung subatlantischer und subkontinentaler klimatischer Einflüsse zurückzuführen. Gemäß KRAUSCH (1968) hängt die wechselhafte Vorkommenshäufigkeit dieser Biotope in der Geschichte in besonderem Maße mit der Art und Intensität der Landnutzung zusammen. Charakteristische Pflanzenarten dieses Biotoptyps besitzen die Fähigkeit, Pionierstandorte effizient zu besiedeln. Aus diesem Grund gelten der Biotoptyp bzw. die dazugehörigen Pflanzengesellschaften nicht als bedroht, sondern als gefährdet bis potentiell gefährdet (RIECKEN & al. 1994, KNAPP & al. 1985). Allerdings tritt in diesen Pflanzengemeinschaften eine Vielzahl spezialisierter Arten auf, die als bedroht eingestuft werden (MUNR 1993). Das Vorkommen subkontinentaler, xerothermer Arten in den Sandtrockenrasen dieses Gebietes ist außerdem hinsichtlich des Artenaustausches mit dem mitteldeutschen Raum bedeutsam (KRAUSCH 1968). Zu den Hauptgefährdungursachen für diese Biotope und ihre charakteristischen Arten gehören die Nutzung der marginalen Standorte durch Landwirtschaft, Sand- und Kiesabbau, Aufforstung sowie der Nährstoffeintrag über die Atmosphäre. Mit der Brachlegung von sandigen Ackerflächen werden über die Entstehung von Sekundärstandorten Möglichkeiten für die Etablierung von Sandtrockenrasen geschaffen.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, das Entwicklungspotential der Sandtrockenrasen auf den in Nordostdeutschland in den letzten fünf Jahren in großem Umfang entstandenen und ggf. auch weiterhin entstehenden Brachflächen abzuschätzen. Neben etwa 5–7-jährigen Brachen wurden auch aktuell vorhandene Sandtrockenrasen untersucht, um deren Standortansprüche hinsichtlich der Nährstoffgehalte zu charakterisieren. Ferner wurden etwa 30 Jahre alte Brachflächen vergleichbarer Standorte untersucht, um zu beurteilen, welche Besonderheiten sich aus der vorhergehenden ackerbaulichen Nutzung mittelfristig für die Vegetationszusammensetzung auf den

Brachflächen ergeben. Auf den Sandtrockenrasen und Brachflächen wurden die Nährstoffgehalte im Boden, die Zusammensetzung der Vegetation sowie die zwischen Nährstoffgehalten und Artenzusammensetzung bestehenden Zusammenhänge analysiert.

2 Standorte, Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet erstreckte sich vom östlichen Berliner Stadtrand bis zum Oderbruch und umfaßte zirka 2500 km². Für die Untersuchungen wurden anhand von Standortkarten der überarbeiteten Reichsbodenschätzung (Maßstab 1:25000) in Ostbrandenburg innerhalb eines Gebietes, welches im Norden von der Stadt Wriezen und im Süden von Beeskow begrenzt wird, tiefgründige Sandstandorte in die engere Wahl gezogen. Innerhalb dieses Gebietes wurden dann durch Feldbegehung insgesamt 32 Flächen der jungen (11) und alten Brachen (12) sowie Sandtrockenrasen (9) ausgewählt. Auf Flächen mit deutlicher Heterogenität in der Vegetationszusammensetzung wurden mehrere Untersuchungsflächen eingerichtet. Auf diesen insgesamt 60 Untersuchungsflächen wurden 1996 und 1997 Vegetationsaufnahmen durchgeführt und Bodenproben entnommen.

2.1 Ermittlung der Nährstoffgehalte

Aus den Bodenproben wurden die Gehalte von pflanzenverfügbarem Phosphor und Kalium, Gesamtstickstoff und organischem Kohlenstoff sowie die Bodenreaktion (pH) bestimmt. Voruntersuchungen (WURBS & GLEMNITZ 1997) hatten ergeben, daß für die Beziehungen zwischen den Nährstoffgehalten und der Artenzusammensetzung der Vegetation primär die Nährstoffgehalte der obersten Bodenschicht (0–30 cm) maßgebend sind. Deshalb wurden an den Meßpunkten jeweils 5 Bodenproben aus dieser Schicht entnommen und zu einer Mischprobe zusammengefaßt. Nachdem die Bodenproben im lufttrockenen Zustand gesiebt (2 mm Maschenweite) wurden, erfolgte die P- und K-Bestimmung nach der DL-Extraktionsmethode mit anschließender Ascorbinsäuremessung für Phosphor und Emissionsmessung für Kalium. Der Gesamtstickstoff- und der Kohlenstoffgehalt wurde mittels Elementaranalyse ermittelt. Die pH-Wert-Bestimmung wurde mit 0,1n KCl-Lösung im Mischungsverhältnis 1:2,5 durchgeführt.

2.2 Vegetationskundliche Analysen

Die vegetationskundlichen Erhebungen erfolgten auf Dauerquadraten von je 25 m² Größe. Ermittelt wurden jeweils die Artenzusammensetzung und die

Deckungsgrade. Die Deckungsgradschätzung erfolgte nach BRAUN-BLANQUET (1964), mit der von ÚJVÁROSI (1973) unterteilten Werteskala (27 Stufen) jeweils für den Gesamtdeckungsgrad, einzelne Arten und die Anteile einzelner Pflanzengruppen (z.B. Gräser zu Kräutern). Die soziologische Zuordnung erfolgte unter Verwendung ökologischer Datenbanken (DETJENS 1993), wobei die soziologische Bindung für die nordostdeutschen Bedingungen nach SCHUBERT & al. (1995) überarbeitet wurde. Die Nomenklatur der deutschen und wissenschaftlichen Pflanzennamen richtet sich nach (ROTHMALER 1994).

2.3 Statistische Auswertung

Die Zusammenhänge zwischen den Nährstoffgehalten und der Vegetationszusammensetzung wurden mit einer kanonischen Korrelationsanalyse (CCA) ausgewertet. Verwendet wurde das Programm CANOCOR aus dem Programmpaket SYNTAX (PODÁNI 1994). Für die statistische Auswertung wurden den Boniturnoten der Pflanzenaufnahmen Prozentwerte zugeordnet. Anschließend wurden Standort- und Vegetationsdaten über das Variablenmaximum standardisiert (Division der Einzelwerte durch den Maximalwert der jeweiligen Variablen), um die Streuung der einzelnen Variablen vergleichbar zu machen. Die kanonischen Korrelationen wurden mittels BARTLETT-Test und CHI-QUADRAT-Test für Roots auf Signifikanz geprüft (PODÁNI 1994). In der Ergebnisdarstellung werden nur die ersten 3 signifikanten Korrelationen diskutiert.

3 Ergebnisse

3.1 Nährstoffgehalte

Die untersuchten Standorte der Sandtrockenrasen waren durch eine allgemeine Nährstoffarmut gekennzeichnet. Sie wiesen in der Regel Nährstoffgehalte von unter 0,08% N_t, unter 1,0% C_t, weniger als 0,4 ppm P und K sowie einen pH-Wert unter 5,0 auf (Tab. 1). Auf den Standorten der etwa 30 Jahre alten und den 5–7 Jahre alten Brachen wurden vergleichbare Gesamtstickstoff- und Gesamtkohlenstoffgehalte im Boden festgestellt wie auf den Sandtrockenrasen. Die alten Brachflächen zeigten in den P- und K-Gehalten sowie in der Bodenreaktion ebenfalls ähnliche Werte wie die Sandtrockenrasen. Unter den jüngeren Brachflächen waren neben Standorten mit Nährstoffgehalten, die mit denen der Sandtrockenrasen vergleichbar waren, häufig Standorte mit wesentlich erhöhten Phosphor- (0,6 – > 1,0 ppm) und Kaliumgehalten (1,9 – > 2,0 ppm) zu finden. Der pH-Wert

Tab. 1
Nährstoffgehalte und Bodenreaktionswerte von Sandtrockenrasen sowie der alten und jungen Brachen.

	Nt [%]	Ct [%]	P [mg/100g]	K [mg/100g]	pH
Sandtrockenrasen [n = 16]					
Minimum	0,013	0,206	1,35	0,75	3,6
Maximum	0,078	1,086	7,24	7,45	7,6
Median	0,034	0,568	2,87	1,29	4,2
alte Brachen (30 Jahre) [n = 21]					
Minimum	0,030	0,443	1,14	0,63	3,8
Maximum	0,095	1,538	6,71	5,83	7,2
Median	0,051	0,916	3,07	2,24	4,3
junge Brachen (5–7 Jahre) [n = 23]					
Minimum	0,027	0,389	0,83	1,60	4,0
Maximum	0,077	1,217	11,25	22,54	7,4
Median	0,049	0,670	4,81	4,37	5,0

Table 1
Soil nutrient contents and pH-value of the dry sandy grassland stands as well as old and young abandoned arable fields.

lag auf diesen Brachen in der Regel über 5, ein Drittel der Werte lag dabei sogar über 6.

3.2 Vegetationszusammensetzung

Auf den Untersuchungsflächen der Sandtrockenrasen entsprach die Artenzusammensetzung im wesentlichen dem Corynephorion canescantis (SCHUBERT & al. 1995) mit den vorherrschenden, dominanten Arten *Corynephorus canescens*, *Agrostis capillaris*, *Rumex tenuifolius*, *Hieracium pilosella*, *Helichrysum arenarium*, *Trifolium arvense* und *Artemisia campestris*. Nach KRAUSCH (1968) kommt die Artenzusammensetzung annähernd dem Spergulo-Corynephoretum Subass. von *Festuca ovina* gleich, auch wenn *Festuca ovina* auf diesen Standorten zumeist fehlte. Auf den untersuchten Flächen der Sandtrockenrasen fanden sich vereinzelte Solitäräbäume, meist *Pinus sylvestris* und einzelne ruderale Arten, wie z.B. *Conyza canadensis*, als stetige Begleiter. Die Flächen auf alten Brachen entsprachen in ihrem Vegetationsbild den Sandtrockenrasen, waren jedoch häufiger mit Solitäräbäumen (*Pinus sylvestris*) bestanden und wiesen höhere Anteile von Arten der trockenen Glatthaferwiesen (z.B. *Achillea millefolium*, *Cerastium holosteoides*), von Ruderalarten (z.B. *Berteroa incana*, *Agropyron repens*) und von Arten der Saum- oder walddnahen Staudenfluren (z.B. *Hypericum perforatum*) auf. *Festuca ovina* war auf den Untersuchungsflächen der alten Brachen sehr häufig und oft dominant.

Auf den 5–7 Jahre alten Brachflächen waren bereits einzelne Arten der Sandtrockenrasen (z.B. *Helichrysum arenarium*, *Corynephorus canescens*,

Trifolium arvense) mit mittleren Deckungsgraden vertreten. Die Zusammensetzung der Vegetation wurde jedoch durch Ruderalarten (z.B. *Conyza canadensis*, *Berteroa incana*, *Agropyron repens*, *Rumex thyrsiflorus*) und Arten der extensiven Weiden oder Fettweiden (z.B. *Arrhenatherum elatius*, *Poa pratensis*, *Holcus mollis*, *Gallium mollugo*) bestimmt. Auf zwei Untersuchungsflächen ist zu vermuten, daß es sich um durch Ansaaten etablierte Bestände handelte, da hohe Abundanzen von *Dactylis glomerata* in der halbnatürlichen Vegetation des Gebietes untypisch sind.

3.3 Zusammenhang zwischen Bodennährstoffgehalten und Vegetationszusammensetzung

Bereits die Gegenüberstellung der Anteile der vorherrschenden soziologischen Gruppen und der Nährstoffe machte deutlich, daß insbesondere die Arten der Wirtschaftswiesen und -weiden parallel zu erhöhten Kaliumgehalten im Boden und steigenden pH-Werten zunahmen. Der Anteil dieser Arten in der Vegetation fiel trotz relativ niedriger Gesamtstickstoff- und Gesamtkohlenstoffwerte hoch aus (Abb. 1 und 2). Ein gleichgerichteter, jedoch schwächerer Trend war für die Arten der Ruderalfluren auf den jungen Brachen zu beobachten. Arten der Sandtrockenrasen waren auch bei höheren Kaliumgehalten und pH-Werten in der Vegetation vertreten. Die höchsten Deckungsgrade erreichten diese Arten jedoch bei niedrigen Kaliumgehalten und pH-Werten.

Die kanonischen Korrelationskoeffizienten (R-Quadratwurzel der Eigenwerte) zeigten, daß die P- und

Abb. 1
Zusammenhang zwischen dem Deckungsgrad [DG %] ausgewählter pflanzensoziologischer Gruppen und dem Kalium-Gehalt im Boden der Untersuchungsflächen.

Fig. 1
Relation between the plant coverage [DG %] of different sociological groups of species and the potassium content in the soil.

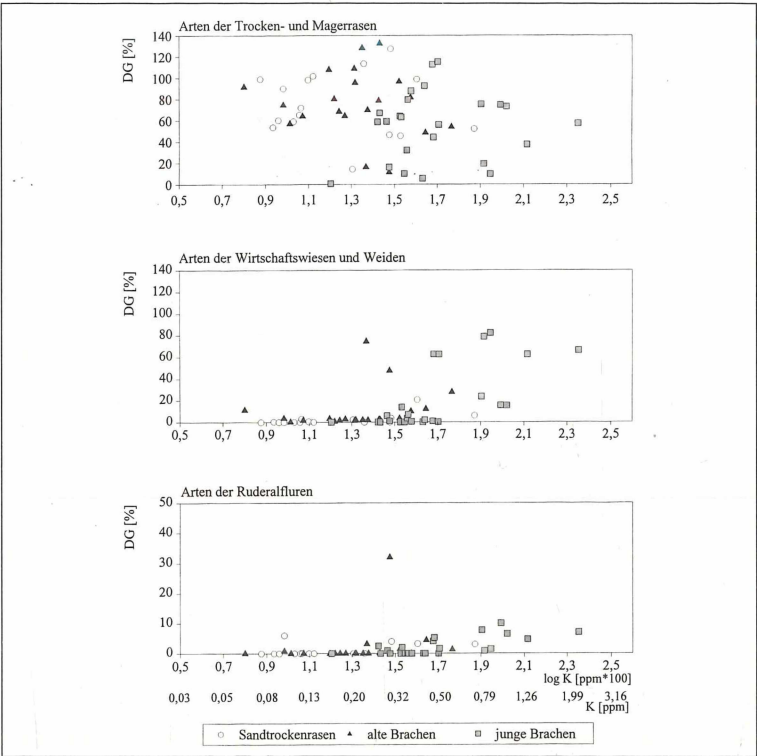
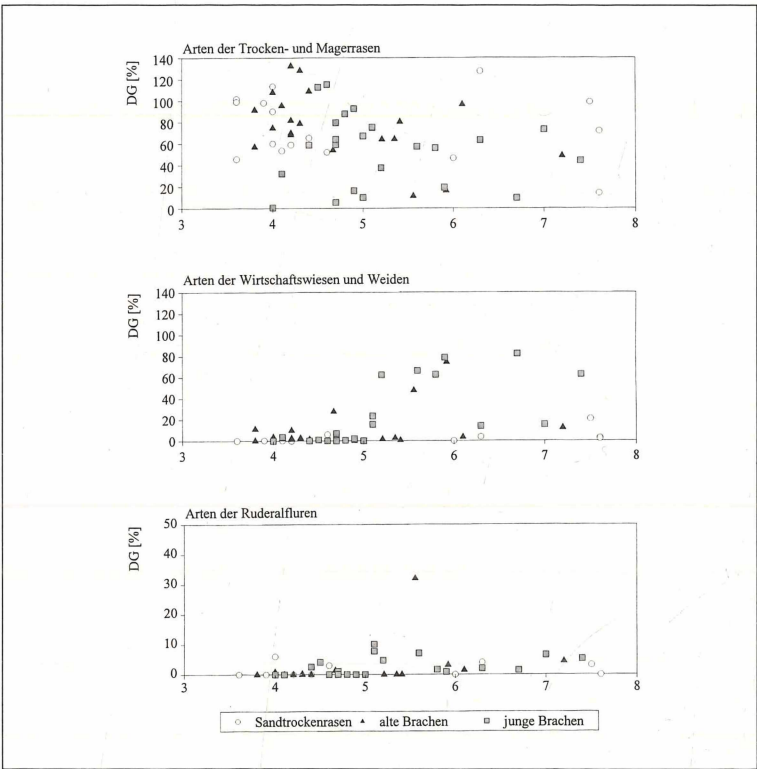


Abb. 2
Zusammenhang zwischen dem Deckungsgrad [DG %] ausgewählter pflanzensoziologischer Gruppen und dem pH-Wert im Boden der Untersuchungsflächen.

Fig. 2
Relation between the plant coverage [DG %] of different sociological groups of species and the pH value in the soil.



K-Gehalte am engsten (f1; R = 0,972) mit der Artenzusammensetzung in der Vegetation korreliert waren (Tab. 2 und 3). Positive Korrelationen mit diesen Nährstoffen zeigten vor allem die Arten *Agropyron repens*, *Artemisia vulgaris*, *Bromus hordeaceus*, *Rumex thrysiflorus* und *Vicia hirsuta*. Der zweitstärkste Zusammenhang (f2, R = 0,912) zwischen den Nährstoff- und Vegetationsdaten manifestierte sich für die Kombination relativ hoher Stickstoffgehalte und niedriger Kalium- und Phosphorgehalte. Auf die Kombination von P- und K-Mangelzuständen bei hohen N-Gehalten zeigten sich keine starken Einzelartenkorrelationen. Diese waren erst wieder in der drittstärksten Faktorenkombination (f3, R = 0,892) festzustellen, die sich aus geringen pH-Werten und geringen Kohlenstoffwerten zusammensetzte. Mit dieser Konstellation waren insbesondere die Arten *Corynephorus canescens* und *Agrostis capillaris* positiv und Arten wie *Arrhenatherum elatius*, *Achillea millefolium* und *Sedum acre* negativ korreliert.

Tab. 2
Ergebnisse der multivariaten Auswertung (CCA) der Zusammenhänge zwischen den Gehalten von vier Nährstoffen sowie dem pH-Wert und der Zusammensetzung der Vegetation – Struktur der Nährstoffgehalte für die ersten drei kanonischen Korrelationen (f1 – f3).

Table 2
Results of the multivariate analysis (CCA) of the interactions between four nutrient contents in the soil, the pH-value and the composition of vegetation – structure of the first three functions of the canonical correlation for the nutrient contents.

	Intraset Korrelationen		
	f1	f2	f3
%Nt	,031	,530	,384
%Ct	,262	,222	-,403
P	,540	-,462	-,279
K	,858	-,405	-,233
pH	,204	-,284	-,898

4 Zusammenfassende Diskussion

Der initiale Stickstoffgehalt ist nach Untersuchungen von TILMAN (1988) auf armen Sandböden der entscheidende Faktor in der Sukzession auf Ackerbrachen. Durch diesen werden die Kolonisation von Arten, das Auftreten konkurrenzstarker temporärer Arten und der Umfang der späteren N-Akkumulation bestimmt.

Auf den alten und jungen Brachen wurden Gesamtstickstoff- und Gesamtkohlenstoffgehalte von <0,08% N_t und <1% C_t ermittelt. Diese Werte hingen nicht vom Brachealter ab. Auch für die Sandtrockenrasen kann nicht ausgeschlossen werden, daß sie in der Vergangenheit einer Nutzung unterlagen. Ihr Alter ist in diesem Fall jedoch mit >50 Jahre anzusetzen. Es kann davon ausgegangen werden, daß geringe Stickstoff- und Kohlenstoffgehalte die Voraussetzung dafür sind, daß Arten der Sandtrockenrasen überhaupt vorkommen können.

Tab. 3
Ergebnisse der multivariaten Auswertung (CCA) der Zusammenhänge zwischen den Gehalten von vier Nährstoffen sowie dem pH-Wert und der Zusammensetzung der Vegetation – Struktur der Artenzusammensetzungen der hochstetigsten Arten für die ersten drei kanonischen Korrelationen (f1 – f3).

Table 3
Results of the multivariate analysis (CCA) of the interactions between four nutrient contents in the soil, the pH-value and the composition of vegetation – structure of the first three functions of the canonical correlation for the most frequent species of the vegetation.

	Intraset Korrelationen		
	f1	f2	f3
Achillea millefolium	-0,052	0,048	-0,296
Agropyron repens	0,518	-0,253	-0,039
Arrhenatherum elatius	0,066	0,224	-0,340
Artemisia vulgaris	0,646	0,017	0,011
Bromus hordeaceus	0,490	-0,105	-0,033
Calamagrostis epigejos	-0,012	-0,118	-0,170
Jasione montana	-0,192	0,100	0,196
Poa pratensis	0,131	-0,069	-0,291
Scleranthus perennis	0,018	0,215	0,162
Sedum acre	-0,069	-0,062	-0,410
Trifolium arvense	-0,077	-0,134	-0,373
Vicia hirsuta	0,504	0,141	-0,160
Agrostis capillaris	-0,278	0,176	0,341
Artemisia campestris	-0,032	0,185	-0,315
Conyza canadensis	0,005	-0,151	0,209
Corynephorus canescens	-0,169	-0,083	0,449
Festuca ovina	-0,130	-0,063	-0,144
Rumex thrysiflorus	0,805	0,387	-0,054

Erhöhte Kalium- und Phosphorgehalte und nur schwach saure bis neutrale Bodenreaktionen waren eng mit dem Vorkommen von Arten trockener Wirtschaftswiesen und -weiden und Arten der Ruderalfluren auf den ansonsten nährstoffarmen Standorten korreliert. Von vergleichbaren Ergebnissen für Kalium berichtet ERZ (1996) für Weinbergsbrachen. Mögliche Erklärungen für die Wirkung des Kaliums liegen in der Verbesserung der Trockenresistenz und einer verbesserten Stickstoffaufnahme der Arten (MENGEL 1972; MARSCHNER 1995). Differenzierende Effekte der Bodenreaktion auf die Vegetation können mit einer Hemmung der Nitrifikation im sauren Bereich sowie mit einer Aluminiumtoxizität bei pH-Werten unter 4,6 in Zusammenhang gebracht werden (MENGEL 1972). GOUGH & MARRS (1990) stellten in Gewächshausuntersuchungen fest, daß vor allem erhöhte Phosphorgehalte die Entwicklung naturnaher Pflanzengemeinschaften verhinderten.

Die Ergebnisse insbesondere der multivariaten Datenanalyse verdeutlichen jedoch, daß mehrere Nährstoffgehalte gleichzeitig auf die Vegetation wirken bzw. sich die durch Einzelnährstoffe verursachten Effekte zum Teil nicht voneinander trennen lassen. Letzteres trifft insbesondere auf die P- und K-Gehalte (Tab. 2 und 3; f1–f3) zu. Während es für die Effekte erhöhter Kaliumgehalte auf den jungen Brachen durchaus Erklärungshinweise gibt, fanden wir für die festgestellten Phosphorgehalte keine nachvollziehbare Interpretation aus der Zusammensetzung der Vegetation. Es ist nicht auszuschließen, daß die Phosphorgehalte mit den hohen Kaliumgehalten auf den jüngeren Brachen allein auf Grund der bis vor 7 Jahren andauernden Düngung einhergehen.

Auch wenn davon ausgegangen werden kann, daß es sich bei den erhöhten Nährstoffgehalten um ein vorübergehendes Phänomen (BROLL & SCHREIBER 1993) handelt, ist doch der Zeitrahmen des Abbaus durch Hagerungs- und Festlegungsprozesse eher ungewiß. Für Weinbergsbrachen nennt ERZ (1996) Zeiträume von 21–42 Jahren bis zur Erreichung der für Halbtrockenrasen charakteristischen P- und K-Gehalte durch Hagerung. Sie räumt jedoch gleichzeitig ein, daß vorher Pflanzengemeinschaften mit höheren Nährstoffansprüchen die Standorte einnehmen können, die auch unter suboptimalen Nährstoffverhältnissen überdauern und die Etablierung der Halbtrockenrasenarten erschweren.

Das beobachtete Auftreten von Arten der Sandtrockenrasen auf 5–7 Jahre alten Brachen zeigt, daß auf den jüngeren Brachen ein deutliches Potential für das Vorkommen von Sandtrockenrasenarten besteht. Von ähnlich positiven Erfahrungen für die Arten der Trocken- und Halbtrockenrasen aus dem Mitteldeutschen Trockengebiet berichten KRUMBIEGEL & KLOTZ (1996). Im Rahmen eines Biotopmanagements für Sandtrockenrasen erscheint es zweck-

mäßig, zunächst Standorte mit geringen Nährstoffgehalten zu entwickeln bzw. die Nährstoffgehalte für die Ausweisung potentieller Standorte zu berücksichtigen. Trockenheitstolerante Grünlandarten können in den Anfangsjahren nach der Brachlegung in die dominierenden Segetal- und Ruderalarten innerhalb von 5–7 Jahren einwandern und diese ablösen. Auf nährstoffreicheren Standorten kann diese Entwicklung zumindestens mittelfristig durch sich etablierende Arten der trockenen Wirtschaftswiesen und -weiden überdeckt werden. Aus naturschutzfachlicher Sicht sind Ansaaten ebenso wie die Aufforstung dieser Standorte entschieden abzulehnen. Dies belegen u. a. Untersuchungen von MYSTER & PICKETT (1990), die berichteten, wie durch die Ansaat standortgerechter Grünlandarten (*Dactylis glomerata*) Dominanzzustände geschaffen werden können, die die Vegetationsentwicklung nachhaltig modifizieren.

Dank

Die Arbeiten wurden gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und das Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Brandenburg.

Literatur

- BRAUN-BLANQUET, J., 1964: Pflanzensoziologie. – Springer, Wien/New York: 865 S.
- BROLL, G. & K.-F. SCHREIBER, 1993: Auswirkungen der Stilllegung von Grünland-Standorten auf die pflanzenverfügbaren Gehalte an Phosphat und Kalium. – Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Ges., 72: 73–76.
- DETJENS, C., 1993: Empirisch-vegetationskundliches Auswertungssystem EVA 2.5 – Dokumentation. – Eigenverlag, Adendorf: 98 S.
- ERZ, S., 1996: Sukzession von Weinbergsbrachen – Einflüsse von Kalium und Phosphat sowie des Brachealters. – Naturschutz u. Landschaftsplanung 28 (1):19–25.
- GOUGH, M.W. & R.H. MARRS, 1990: A comparison of soil fertility between semi-natural and agricultural plant communities: Implications for the creation of species-rich grasslands on abandoned agricultural land. – Biol. Conserv. 51: 83–96.
- KNAPP, H. D., L. JESCHKE & M. SUCCOW, 1985: Gefährdete Pflanzengesellschaften auf dem Territorium der DDR. – Kulturbund DDR, Zentraler Fachausschuß Botanik. – Eigenverlag, Cottbus: 128 S.
- KRAUSCH, H.-D., 1968: Die Sandtrockenrasen (Sedo-Scleranthetea) in Brandenburg. – Mitt. Flor.-soz. AG, N. F. 13: 71–100.

- KRUMBIEGEL, A. & St. KLOTZ, 1996: Bedeutung von Standort und Artenpotential der angrenzenden Vegetation für die Entwicklung von Dauerbrachen. – Arch. für Nat. u. Lands. 34: 157–168.
- MARSCHNER, H., 1995: Mineral Nutrition of Higher Plants. – Academic Press, London, San Diego: 889 S.
- MENGEL, K., 1972: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. – Fischer, Jena: 470 S.
- MUNR, MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG, 1993: Rote Liste – Gefährdete Farn- und Blütenpflanzen, Algen und Pilze im Land Brandenburg. – UNZE, Potsdam: 216 S.
- MYSTER, R.W. & S. A. PICKETT, 1990: Initial conditions, history and successional pathways in ten contrasting old fields. – Amer. Midl. Nat. 124 (2): 231–238.
- PODÁNI, J., 1994: Multivariate data analysis in ecology and systematics – A methodological guide to the SYN-TAX 5.0 package. – Ecological computations series Vol. 6, SPB Academic Publishing, The Hague: 316 S.
- RIECKEN, U., U. RIES & A. SYMANK, 1994: Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen der Bundesrepublik Deutschland. – Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz. H 41, Bonn – Bad Godesberg: 184 S.
- ROTHMALER, W. [Begr.], SCHUBERT, R. [Hrsg.], 1994: Gefäßpflanzen: Grundband (Exkursionsflora von Deutschland Band 2). – Fischer, Jena: 639 S.
- SCHUBERT, R., W. HILBIG & S. KLOTZ, 1995: Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Mittel- und Nordostdeutschlands. – Fischer, Jena/Stuttgart: 403 S.
- TILMAN, D., 1988: Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities. – Monographs in population biology. Princeton University Press, Princeton/New Jersey: 360 S.
- UJVÁROSI, M., 1973: Gyomirtás. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest: 288 S.
- WURBS, A. & GLEMNITZ, M., 1997: Nährstoffgehalte alter Ackerbrachen auf Sandböden und ihre Bedeutung für die Vegetationsentwicklung. – Z. Ökologie u. Naturschutz 6: 233–245.

Adressen

Dr. M. Glemnitz
Dr. A. Wurbs
Zentrum für Agrarlandschafts- und
Landnutzungsforschung
Institut für Landnutzungssysteme und
Landschaftsökologie
Eberswalder Straße 84
D-15374 Müncheberg

M. Dieckmann
Universität Lüneburg
D-21337 Lüneburg

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: [28_1997](#)

Autor(en)/Author(s): Dieckmann Martin, Wurbs Angelika, Glemnitz Michael

Artikel/Article: [Bedeutung von Bodenreaktion und Nährstoffgehalt für das Vorkommen von Arten der Sandtrockenrasen auf Brachflächen 529-535](#)