Transektuntersuchungen zur Vegetationsentwicklung in der Niederlausitzer Bergbaufolgelandschaft

Tim Peschel

Abstract: In a former open cast brown coal mining area the vegetation of a 400 m linear transect of 200 contiguous quadrates was studied. In each quadrate the presence of vascular plant species was sampled. The study took place in August 2004 in Schlabendorf-Süd, a post-mining site of Lower Lusatia, East Germany. Since 1995 many of the sites are undergoing natural succession. The study sites are mainly characterised by psammophytic grassland composed of a mixture of several psammophytic species and remnants of seeded species. Tall grass stands represented by Calamagrostis epigejos and single young pine trees (Pinus sylvestris) are interspersed. Plant cover ranges from sparse to dense with some sites are almost free of vegetation.

Keywords: Post-mining site, transect, succession, vegetation patterns, correlation soil parameters-vegetation

Schlüsselbegriffe: Bergbaufolgelandschaft, Transekt, Sukzession, Musterbildung, Korrelation Bodenparameter-Vegetation

1 Einleitung

Bergbaufolgelandschaften bieten in Mitteleuropa die einmalige Chance, die Wiederbesiedlung anthropogen schwer gestörter Standorte zu untersuchen. Dies gilt ganz besonders für die nur wenig oder überhaupt nicht rekultivierten Kippenflächen. Sie bieten eine der ganz wenigen Gelegenheiten in der mitteleuropäischen Kulturlandschaft Primärsukzessionen zu untersuchen.

Seit Ende der 90er Jahre ist die wissenschaftliche Untersuchung der Vegetation der Bergbaufolgelandschaft der Niederlausitz und ihrer Dynamik ein Forschungsschwerpunkt am Lehrstuhl Allgemeine Ökologie (vgl. Felinks & Wiegleb 1998, Felinks et al. 1997, 1998, 1999, 2000, Wiegleb & Felinks 2001 a, b, Felinks 2000, Denkinger et al. 2003). Die bisherige Analyse der Vegetationsentwicklung auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Maßstabsebenen in den terrestrischen Offenlandbereichen der Niederlausitzer Bergbaufolgelandschaft durch Felinks (2000) zeigt, dass die Vegetationsbestände in hohem Maße durch individualistische Eigenschaften (vgl. Gleason 1926) ausgewiesen sind. In den frühen Stadien der Primärsukzession spielen zufällige Ereignisse wie das verfügbare Diasporenpotential des regionalen Artenpools eine große Rolle. Umweltparameter sind für die erfolgreiche Etablierung der Diasporen nur insoweit von Bedeutung, als die extremen standörtlichen Verhältnisse (z.B. Tertiärsubstrate, Staunässe, sehr steile Hangbereiche) als Filter wirken. Abweichungen von einem zufälligen Besiedlungsmuster sind zu Sukzessionsbeginn vor allem auf Unterschiede im Mikrorelief zurückzuführen.

Nach erfolgreicher Etablierung der Initialarten ist auf einer kleinräumigen Maßstabsebene eine Verstärkung der initialen Vegetationsmuster zu beobachten. Dies geschieht durch die einsetzende Diasporenproduktion und –ausbreitung („internal colonization"). Dabei spielen „nurse plants" eine bedeutende Rolle, die die Diasporen einfangen und mikroklimatisch günstigere Bedingungen schaffen. Anschließend gewinnen vor allem Störungen an Bedeutung, die

erneut zur Entstehung offener Bodenstellen beitragen können. In den frühen Phasen der Primärsukzession spielt Facilitation (Connell & Slatyer 1977) eine große Rolle, die allerdings im weiteren zeitlichen Verlauf gegenüber Inhibition oder auch Tolerance in älteren Beständen an Bedeutung verliert.

Aufgrund der hohen räumlichen Heterogenität und zeitlichen Variabilität sind deshalb zur schematischen Darstellung des Sukzessionsverlaufs an Stelle von linearen Sukzessionsreihen Sukzessionsnetze vorzuziehen, die sowohl mehrere Initialstadien als auch verschiedenartige Übergänge in den Folgestadien zulassen und darüber hinaus die Option offen halten, dass einzelne Stadien übersprungen werden können bzw. eine „rückwärts" gerichtete Vegetationsentwicklung ablaufen kann (Felinks 2000). Sie zeigen auch, dass eine Vorhersage der zeitlichen Vegetationsdynamik gerade in den frühen Stadien mit hohen Unsicherheiten behaftet ist. Die Schwierigkeiten einer Vorhersage des Sukzessionsverlaufs liegen vor allem an der Interaktion diskreter (zufälliger) Ereignisse und kontinuierlicher (deterministischer) Prozesse. So können in den Initialstadien kontinuierliche Prozesse wie die Entfernung zu potenziellen Diasporenquellen eine Rolle spielen, doch sind für die Ansiedlung der Individuen an einem konkreten Ort im Wesentlichen diskrete Ereignisse, wie z.B. die Verfügbarkeit von Diasporen oder aber Substratumlagerungen z.B. durch Störungen ausschlaggebend.

Der Verlauf der Primärsukzession in den Offenlandbereichen wird in erheblichem Ausmaß von Strukturparametern, aber auch von den Eigenschaften der Arten selbst beeinflußt, weshalb dem Konzept der „preemptive initial floristics" (Wilson et al. 1992) eine große Bedeutung beizumessen ist.

Die bisherigen Ergebnisse zur Vegetationsentwicklung sind mit dem Sukzessionsmodell von Connell & Slatyer (1977) zwar vereinbar, liefern allerdings keine wirklich ausreichenden Erklärungen. Dabei ist insbesondere das Fortwirken von Zufallsprozessen zu Beginn der Sukzession („first-comer-Effekt") in späteren Phasen durch die Möglichkeit der internen Kolonisation bzw. die Regeneration nach kleinräumiger Störung unklar (Wiegleb & Felinks 2001b).

Die durchgeführten Transektuntersuchungen dienten deshalb insbesondere zur Klärung folgender Fragestellungen:

1. Gibt es auf dem ausgewählten Transekt eine Musterbildung der erfassten Pflanzenarten?

2. Gibt es einen Zusammenhang zwischen den gemessenen Bodendaten und dem Vorkommen der Pflanzen in den Untersuchungsflächen?

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden im August 2004 im ehemaligen Braunkohlentagebau Schlabendorf-Süd (Niederlausitz) durchgeführt. Der Tagebau wurde 1991 beendet. Anschließend wurden die Flächen melioriert. Ziel der Meliorationsmaßnahmen waren eine Verbesserung der Nährstoffverfügbarkeit sowie eine Erhöhung des pH-Wertes und der Basensättigung des Bodens. Dies erschien unter sanierungstechnischen Aspekten notwendig, da bedingt durch die Umlagerung des über und zwischen den tertiären Braunkohlenflözen anstehenden Deckgebirges Kipprohböden entstanden. Diese unterscheiden sich vor allem hinsichtlich ihrer Substratheterogenität, des höheren Kohle- und Schwefelgehaltes und der damit verbundenen sehr niedrigen pH-Werte, sowie des niedrigen Anteils pflanzenverfügbarer Nährstoffe stark von

natürlichen Böden. Da diese Böden zudem stark erosionsanfällig sind, wurden zur Festlegung des Bodens verschiedene Saatgutmischungen aufgebracht.

Seit 1995 unterliegen die Flächen einer natürlichen Sukzession. Die Vegetation des Untersuchungsgebietes ist vor allem durch artenarme, lückige Silbergrasfluren (Corynephorus canescens), dichte, artenarme Landreitgrasbestände (Calamagrostis epigejos) und artenreichere Flächen mit verschiedenen Kraut- und Grasarten charakterisiert. Stellenweise ist das Aufwachsen von Kiefern (Pinus sylvestris) zu beobachten. Im gesamten Untersuchungsgebiet kommen Arten der vermutlich im Rahmen der Melioration verwendeten Ansaatmischungen vor.

Die Vegetationserfassung erfolgte im Bereich eines 400 m langen linienförmigen Transekts, das in jeweils 4 m² große aneinandergrenzende Probeflächen unterteilt wurde (Abb. 1). Daraus ergaben sich 200 Untersuchungsflächen, auf denen jeweils die vorkommenden Blütenpflanzen erfasst wurden („presence/absence Erfassung").

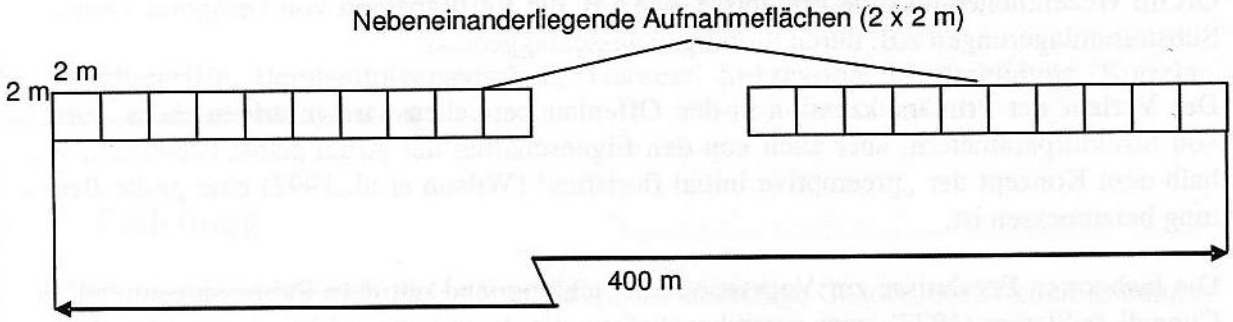


Abb. 1: Aufbau des Transekts.

Die Erfassung und Analyse der bodenkundlichen Parameter erfolgte für jede Probestelle mittels eines Stechzylinders (ø 8 cm). In einer Tiefe von 0-10 cm wurden Bodenproben entnommen. Im Labor wurden die physikalischen Parameter Wassergehalt (WG) und maximale Wasserkapazität (WKmax) bestimmt. Als chemische Werte wurden folgende Parameter erhoben: pH ($CaCl_2$)-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Ammonium (NH_4^+ -N)- und Nitrat (NO_3^- -N)-Stickstoff. Diese beiden Parameter wurden photometrisch nach der N_{min}-Methode bestimmt (Alef 1991), Phosphat (P_2O_5) photometrisch nach Wißkirchen nach vorheriger CAL-Extraktion nach Schüller (Schüller 1969).

Die Eingabe der Daten erfolgte im EXCEL 2003 Format. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit SPSS 12.0.

3 Ergebnisse

Innerhalb der 200 Untersuchungsflächen wurden insgesamt 43 Blütenpflanzentaxa erfasst (Tab. 1), von denen 6 aufgrund ihres Entwicklungsstadiums nur bis zur Gattung bzw. eine Pflanze nur bis zur Familie bestimmt werden konnten.

Tab. 1: Liste der im Transekt erfassten Blütenpflanzentaxa mit ihren im Text verwendeten Abkürzungen.

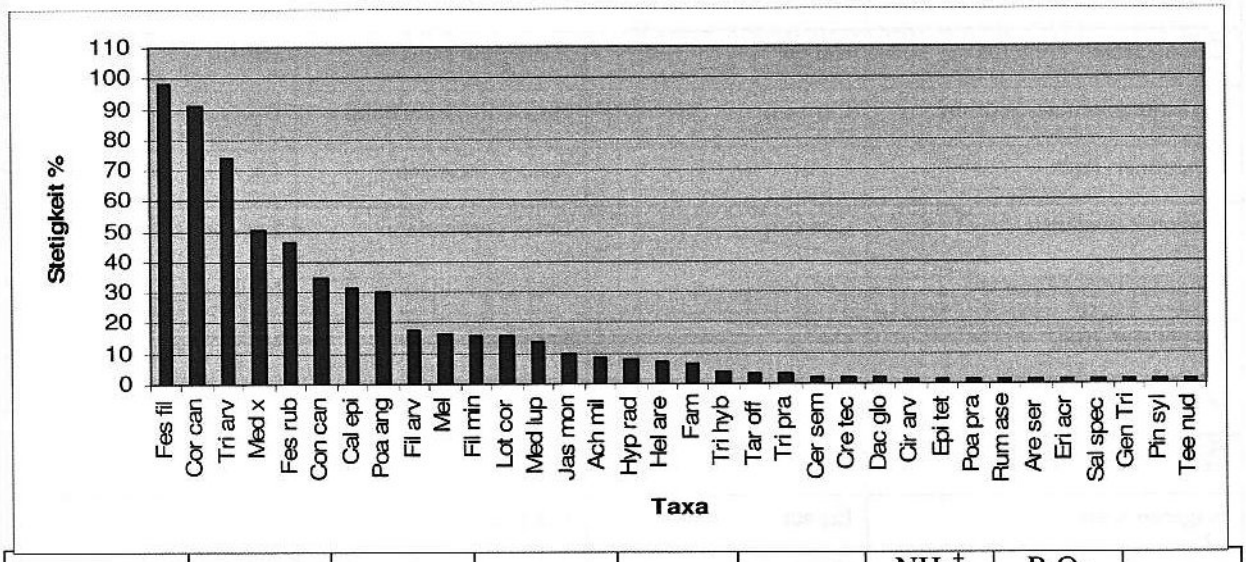
Taxa	Im Text verwende-te Abkürzung	Taxa	Im Text verwendete Abkürzung
Achillea millefolium	Ach mil	Gattung Tragopogon	Gen Tra
Apera spica-venti	Ape spi	Gattung Trifolium	Gen Tri
Arenaria serpyllifolia	Are ser	Helichrysum arenarium	Hel are
Calamagrostis epigejos	Cal epi	Hieracium pilosella	Hie pil
Cerastium semidecandrum	Cer sem	Hypochoeris radicata	Hyp rad
Cirsium arvense	Cir arv	Jasione montana	Jas mon
Conyza canadensis	Con can	Lotus corniculatus	Lot cor
Corynephorus canescens	Cor can	Medicago lupulina	Med lup
Crepis tectorum	Cre tec	Medicago x varia	Med x var
Dactylis glomerata	Dac glo	Pinus sylvestris	Pin syl
Epilobium tetragonum	Epi tet	Poa angustifolia	Poa ang
Erigeron acris	Eri acr	Poa pratensis	Poa pra
Familie Compositae	Fam Com	Rubus fruticosus Aggregat	Rub fru agg
Festuca filiformis	Fes fil	Rumex acetosella	Rum ase
Festuca ovina Aggregat	Fes ovi agg	Senecio vernalis	Sen ver
Festuca rubra	Fes rub	Taraxacum officinale Aggregat	Tar off agg
Filago arvensis	Fil arv	Teesdalia nudicaulis	Tee nud
Filago minima	Fil min	Tragopogon pratensis	Tra pra
Gattung Betula	Gen Bet	Trifolium arvense	Tri arv
Gattung Medicago	Gen Med	Trifolium hybridum	Tri hyb
Gattung Melilotus	Gen Mel	Trifolium pratense	Tri pra
Gattung Salix	Gen Sal		

Die Stetigkeit der Taxa innerhalb des Transekts ist sehr unterschiedlich (Abb. 2). Während einige wenige Arten fast durchgehend auf allen Flächen vorkommen, gibt es zahlreiche Arten, die mit sehr geringer Stetigkeit verbreitet sind.

Die 3 häufigsten Arten sind Festuca filiformis (Stetigkeit 98%), Corynephorus canescens (91%) und Trifolium arvense (74%). Nur knapp 10% der Taxa kommen auf mindestens 50% der untersuchten Flächen vor.

Die Artenzahlen in den einzelnen Untersuchungsflächen schwanken zwischen 2 und 16 Taxa. Die mittlere Artenzahl (mAZ) beträgt 6.

Die Analyse der Bodenwerte zeigt innerhalb des Transekts stark schwankende Werte. Tabelle 2 lässt erkennen, dass die Schwankungsbreite der Bodenparameter extrem groß ist. Die Variablen sind nicht normalverteilt.



	WG (%)	WKmax (%)	pH ($CaCl_2$)	LF (µs/cm)	NO_3 (µg/g TS)	NH_4^+ (µg/g TS)	P_2O_5 (µg/g TS)	Artenzahl
Maximum	27,1	42,29	6,9	3200	52	251,56	254,1	16
Minimum	0,7	0,4	2,4	3,4	0,17	0,49	2,42	2
Mittelwert	3,75	21,43	5,1	244,89	5,53	23,99	52,51	6,08
Standardabweichung	2,85	11,89	1,1	481,53	6,85	47,9	51,21	2,889
K-S Z	2,376	2,406	1,558	4,959	3,721	4,531	2,320	1,990

Abb. 2: Stetigkeit der auf den Untersuchungsflächen des Transekts erfassten Taxa (n=34). Taxa mit einer Stetigkeit <1% sind nicht aufgeführt (n=9). Erklärung der verwendeten Abkürzungen in Tabelle 1.

Abbildung 3 zeigt, dass die Schwankungen innerhalb des Transekts insgesamt sehr unregelmäßig sind, sich aber dennoch zwei Bereiche unterschiedlich starker Schwankungen erkennen lassen. Ab Aufnahme 161, die durch einen senkrecht verlaufenden Strich gekennzeichnet ist, steigen besonders die Werte für Phosphat (P_2O_5), Ammonium (NH_4^+), Nitrat (NO_3^-) und Leitfähigkeit stark an. - Die erfaßten Taxa entlang des Transekts sind in Abbildung 4 dargestellt.

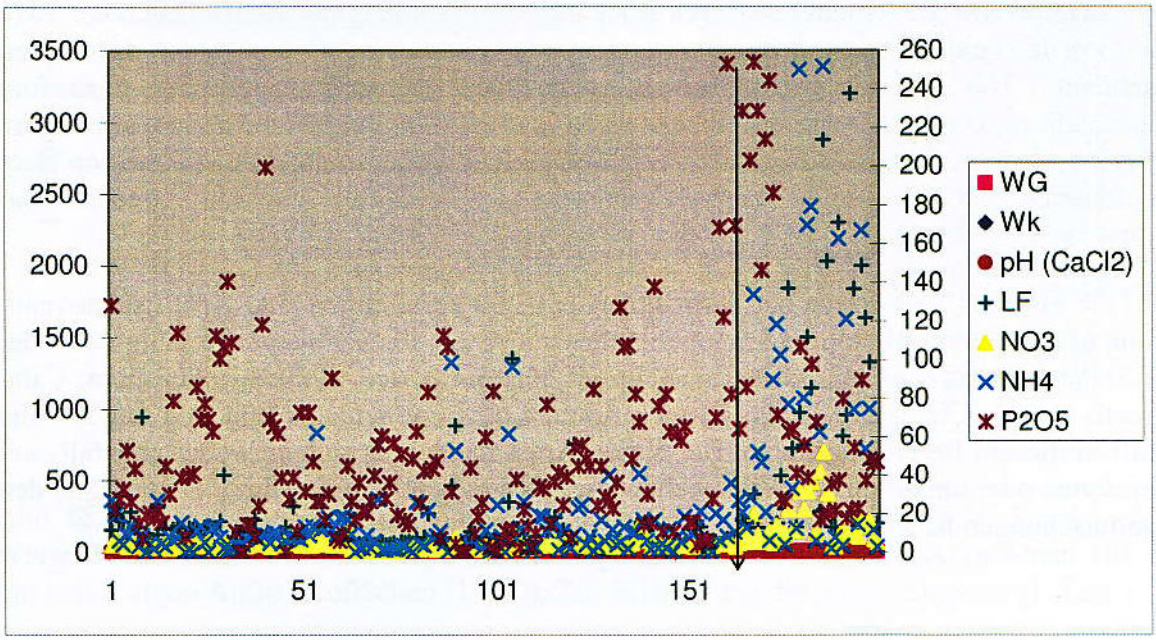


Abb. 3: Darstellung der gemessenen Bodenparameter im Verlauf des Transekts. Die senkrecht verlaufende Linie markiert Aufnahme 161, den Beginn des Bereichs stark steigender Werte für Phosphat, Ammonium, Nitrat und elektrische Leitfähigkeit. Zur Erklärung der Abkürzungen vgl. Tab. 1. und Kapitel Material und Methoden.

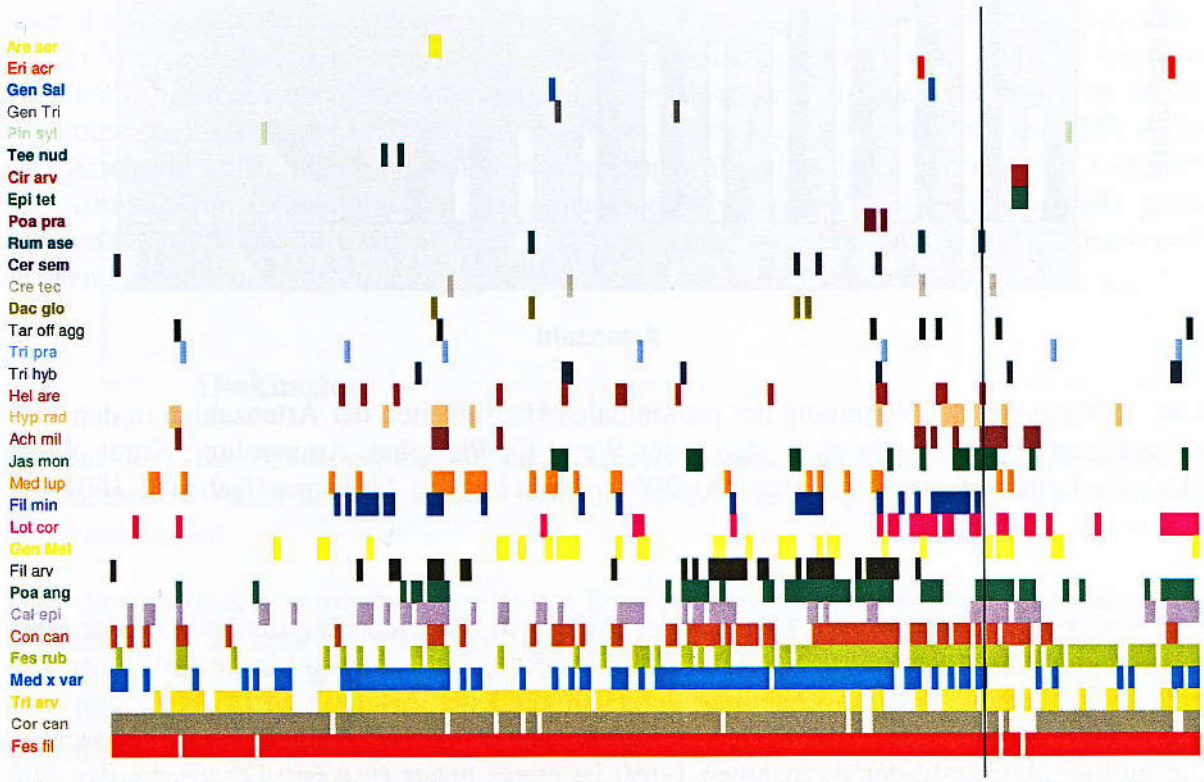


Abb. 4: Grafische Darstellung der auf den Untersuchungsflächen entlang des Transekts erfassten Taxa (n=33). Taxa mit einer Stetigkeit <1% sind nicht aufgeführt (n=9), ebenso wie das Taxon Compositae (n=1, Stetigkeit 6,5%). Die senkrecht verlaufende Linie markiert Aufnahme 161, den Beginn des Bereichs stark steigender Werte für Phosphat, Ammonium, Nitrat und elektrische Leitfähigkeit (zur Erläuterung der Abkürzungen vgl. Tab. 1).

Die grafische Darstellung der in den Aufnahmeflächen erfassten Pflanzen entlang des Transekts in Abbildung 4 zeigt keine auffallende Musterbildung, auch nicht im Bereich der erhöhten Bodenwerte. Bei einem genaueren Blick auf die Verteilung der Häufigkeiten der Taxa (Abb. 6) in den beiden unterschiedlichen Bereichen des Transekts fällt jedoch auf, dass in den Aufnahmen 1-160 folgende Arten exklusiv vorkommen: Arenaria serpyllifolia, Cerastium semidecandrum, Dactylis glomerata, Filago arvensis, Filago minima, Helichrysum arenarium, Hieracium pilosella, Teesdalia nudicaulis und Tragopogon pratensis. Mit Ausnahme von Dactylis glomerata und Tragopogon pratensis handelt es sich bei diesen Arten um Arten der Mager- bzw. Sandtrockenrasen.

Arten, die exklusiv im Bereich der Aufnahmen 161-200 vorkommen sind Apera spica-venti, Cirsium arvense und Epilobium tetragonum, allesamt Arten, die schwerpunktmäßig auf ruderalen Standorten vorkommen. Weiterhin fällt auf, das die Arten Achillea millefolium, Calamagrostis epigejos, Erigeron acris, Festuca rubra, Lotus corniculatus und Poa angustifolia gehäuft in diesem Bereich auftreten. Bei diesen Arten handelt es sich entweder ebenfalls um Ruderalarten oder um Arten der Wirtschaftswiesen, die möglicherweise ihren Ursprung in den Ansaatmischungen haben.

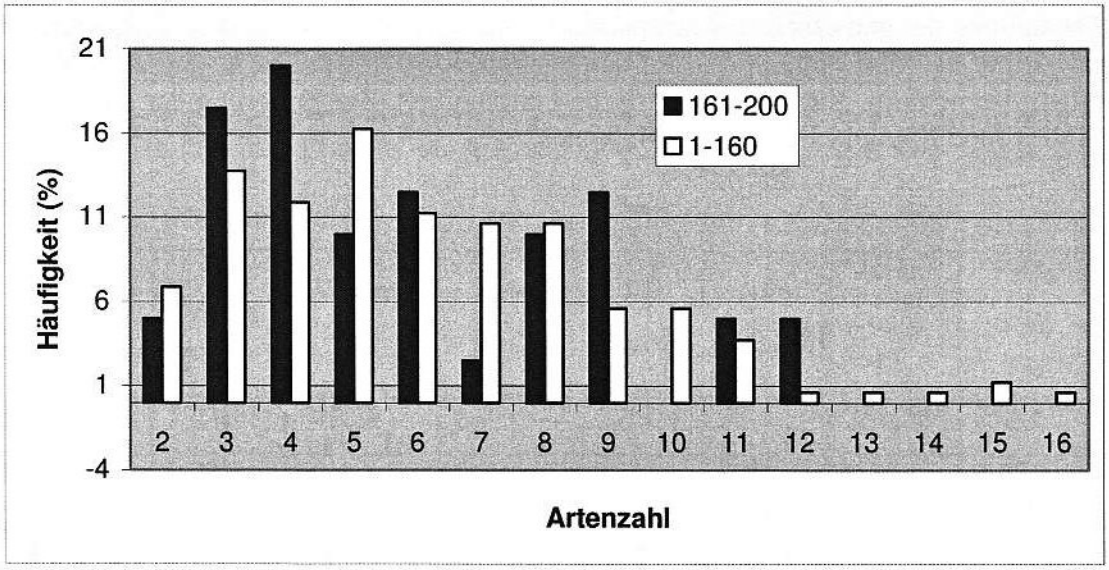


Abb. 5: Vergleich der Verteilung der prozentualen Häufigkeiten der Artenzahlen in den Aufnahmeflächen des Bereichs stark steigender Werte für Phosphat, Ammonium, Nitrat und elektrische Leitfähigkeit (Aufnahmen 161-200) mit den übrigen Aufnahmeflächen (1-160).

Der Wechsel der Bodenwerte ist also weder mit einem auffallenden Artenwechsel der Farn- und Blütenpflanzen verbunden noch mit einer Änderung der Artenzahl in den einzelnen Untersuchungsflächen. Bei der Verteilung der Häufigkeit der Artenzahlen in Abbildung 5 ist eine breitere Streuung der Artenzahlen im Bereich der ersten 160 Aufnahmen zu beobachten. Die mittlere Artenzahl der Aufnahmen 1-160 ist etwas höher (mAZ=6,12) als die der Aufnahmen 161-200 (mAZ= 5,93). Dies ist durch die erkennbar höheren Artenzahlen in einigen Aufnahmeflächen zu erklären.

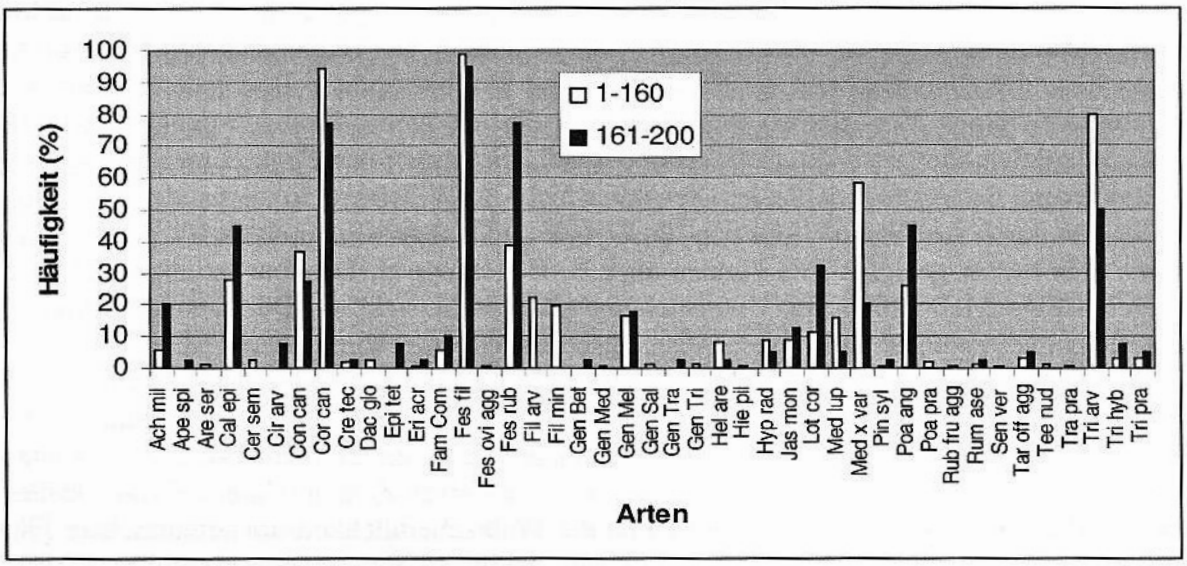


Abb. 6: Vergleich der Verteilung der prozentualen Häufigkeiten der Taxa des Bereichs hoher Werte für Phosphat, Ammonium, Nitrat und elektrische Leitfähigkeit (Aufnahmen 161-200) mit den übrigen Aufnahmeflächen (1-160). Zur Erläuterung der Abkürzungen vgl. Tab. 1.

Die in Tabelle 3 statistisch signifikanten Korrelationskoeffizienten der Artenzahl mit WKmax, pH-Wert und Leitfähigkeit erweisen sich bei Betrachtung der absoluten Werte als wenig aussagekräftig. So tritt z.B.die als mAZ von 6 ermittelte Artenzahl aller Aufnahmen bei äußerst unterschiedlichen Bodenverhältnissen auf: WKmax zeigt Werte zwischen 4,7-36,85, der pH-Wert zwischen 3,13-6,91 und die Werte für Leitfähigkeit zwischen 20-1352. Auch der Vergleich einzelner Bodenparameter mit den Artenzahlen zeigt ein ähnliches Bild. Der höchste gemessene Wert für die Leitfähigkeit (LF 3200, 2 Arten) zeigt nur eine unwesentlich geringere Artenzahl im Vergleich mit einem sehr niedrigen Wert (LF 14,5, 3 Arten). Der Vergleich der Artenzahl im Zusammenhang mit unterschiedlichen pH-Werten zeigt ebenfalls große Schwankungsbereiche. Bei einem Wert von pH 3,1 kommen zwischen 5, 6 und10 Arten (n=3) auf den Probeflächen vor, bei einem pH-Wert von 6,5 3 und 11 Arten (n=2).

4 Diskussion

Die auf den Transektflächen ermittelten Pflanzentaxa setzen sich aus vermutlich angesäten Grünlandarten, Arten der Magerrasen- und Sandtrockenrasen sowie verschiedenen Ruderalarten zusammen.

Die erfassten Bodenparameter zeigen starke Schwankungen, dennoch sind zwei Bereiche unterschiedlicher Bodenwerte erkennbar. Die vorgestellten Ergebnisse lassen allerdings keinen eindeutigen Zusammenhang zwischen den gemessenen Bodenparametern und den in den Untersuchungsflächen erfassten Taxa erkennen. Einige Arten der Sandtrocken- und Magerrasen zeigen eine Bindung an einen Transektbereich mit insgesamt weniger extremen Bodenwerten, wohingegen einige Ruderalarten schwerpunktmäßig im Bereich mit den höheren Bodenwerten vorkommen. So kommen Cirsium arvense und Epilobium tetragonum in Aufnahmeflächen (167, 168, 169) mit sehr hohen Phosphat- und Ammoniumwerten vor. Ob dies allerdings ursächlich mit den Bodenparametern zusammenhängt, kann nicht klar erkannt werden, da es andere Aufnahmeflächen mit ebenfalls hohen Phosphat- und Ammoniumwerten gibt, die ohne

Vorkommen dieser oder anderer Ruderalarten sind. Die Frage, ob sie noch nicht zu diesen Flächen gelangt sind oder aus anderen Gründen dort nicht auftreten, muss zunächst offen bleiben. Grundsätzlich erscheint ein Zusammenhang von bestimmten Bodenwerten mit dem schwerpunktmäßigen Vorkommen von charakteristischen Arten durchaus denkbar. Möglicherweise spielen aber auch die nicht erfassten Geländeformen wie Senken und Kuppen bei der Etablierung der Arten eine Rolle. Dies muss nicht im Widerspruch zueinander stehen, da z.B. Senken durch ihre Sammelfunktion für Wasser und Nährstoffe durchaus für nährstofflie-bende Arten besser geeignet sein können als z.B. Hügelkuppen. Denkbar ist aber auch eine ungleichmäßige Melioration des Untersuchungsgebietes hinsichtlich Düngung und Ansaat. Dadurch kann es zu unterschiedlichen Ausgangsbedingungen gekommen sein, die sich nun im Transekt widerspiegeln. Eine weitere Möglichkeit sind durch Menschen oder Tiere verursachte Störungen, die dadurch zu unterschiedlichen Artenzusammensetzungen führen. Die höheren Artenzahlen in einigen Untersuchungsflächen des Bereiches mit weniger extremen Bodenwerten lassen sich zumindest teilweise mit der größeren Zahl an Untersuchungsflächen erklären. Bei einem Verhältnis von 160:40 ist die Wahrscheinlichkeit auf artenreichere Flächen zu stoßen ganz einfach höher. Es würde sich damit um einen reinen „sampling Effekt" handeln.

Tab. 3: Korrelationskoeffizienten der Bodenwerte und der Artenzahl nach Spearman-Rho. **Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig). Die Daten sind nicht normalverteilt.

	WG	WKmax	pH	LF	NO_3	NH_4	P_2O_5	Artenzahl
WG	1,0	-0,562**	-0,047	0,074	0,493**	0,389**	0,228**	-0,135**
WKmax	-0,562**	1,0	0,196**	-0,214**	-0,360**	-0,298**	-0,065	0,295**
pH	-0,047	0,196**	1,0	-0,021	0,115	-0,080	0,340**	0,335**
LF	0,074	-0,214**	-0,021	1,0	0,659**	0,388**	0,135	-0,223**
NO_3	0,493**	-0,360**	0,115	0,659**	1,0	0,548**	0,246**	0,062
NH_4	0,389**	-0,298**	-0,080	0,388**	0,548**	1,0	0,093	0,072
P_2O_5	0,228**	-0,065	0,340**	0,135	0,246**	0,093	1,0	0,031
Artenzahl	-0,135	0,295**	0,335**	-0,223**	0,062	0,072	0,031	1,0

Eine Prüfung der Korrelationen der Artenzahlen mit den Bodenwerten ergab ebenfalls keine eindeutigen Ergebnisse. Wenngleich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen einigen Bodenparametern und den Artenzahlen ermittelt werden konnte, zeigte die Überprüfung der konkreten Werte eine sehr breite Streuung. Es ließ sich deshalb kein diesbezüglicher Zusammenhang sinnvoll interpretieren. Dies kann Ausdruck der auch kleinskalig stark heterogenen Bodenverhältnisse sein, so dass sich keine signifikanten Korrelationen auf dieser Skala ergaben. Hier lässt sich aber auch ein Mangel der vorgenommenen Bodenuntersuchungen erkennen. Messungen zum Gehalt an Calcium und Sulfat hätten möglicherweise eindeutigere Interpretationen zu solchen Zusammenhängen ermöglicht.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass zum Zeitpunkt der Untersuchungen das Verteilungsmuster der Arten zufällig erscheint. Erste Ansätze zur Schwerpunktbildung bestimmter Arten lassen sich jedoch erkennen. Ob diese Schwerpunkte auf bestimmte Bodenwerte zurückzuführen sind ist unklar. Nachfolgende Untersuchungen müssen zeigen, ob sich diese Schwerpunkte im Sinne einer Facilitation deutlicher herausbilden. Bei zukünftigen Untersuchungen müssen die Geländeformen erfasst werden. Es ist davon auszugehen, dass diese eine wichtige Rolle für die weitere Ansiedlung von Arten bzw. ihrer Etablierung spielen können.

Danksagung

Für die Unterstützung bei der Erfassung der Pflanzentaxa danke ich ganz besonders Frau Petra Denkinger. Die Bodenprobennahme und –auswertung haben Detlef Rathke, Barbara Seidl-Lampa und Jadranka Mrzljak durchgeführt, auch Ihnen gilt mein herzlicher Dank. Eine große Hilfe bei der Auswertung der Daten waren Jadranka Mrzljak und Udo Bröring. Die Auswertung der Bodenproben erfolgte zum Teil aus Mitteln des SUBICON Verbundprojektes (BMBF, Förderkennzeichen 01LC0018A).

Literatur

Alef, K. 1991. Methodenhandbuch Bodenmikrobiologie. ecomed Verlagsgesellschaft.

Connell, J.H. & Slatyer, R.O. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. Am. Nat., 111, 1119-1144.

Denkinger, P, Peschel, T. & Wiegleb G. 2003. Die Vegetation der Bergbaufolgelandschaften. Forum der Forschung 15, 38-42, Cottbus.

Felinks, B. 2000. Primärsukzession von Phytozönosen in der Niederlausitzer Bergbaufolgelandschaft. Dissertation BTU Cottbus, 195 S. + Anhang.

Felinks, B. & Wiegleb, G. 1998. Welche Dynamik schützt der Prozeßschutz? Aspekte unterschiedlicher Maßstabsebenen - dargestellt am Beispiel der Niederlausitzer Bergbaufolgelandschaft. Naturschutz u. Landschaftsplanung 30: 298-303.

Felinks, B., Pilarski, M. & Wiegleb, G. 1997. A hierarchical classification of vegetation of the former brown coal mining areas of Eastern Germany (Lower Lusatia, Brandenburg). Conference Abstracts, IAVS Symposium, Ceske Budejovice, August 1997: 32-33.

Felinks, B., Pilarski, M. & Wiegleb, G. 1998. Vegetation survey in the former brown coal mining area of eastern Germany by integrating remote sensing and groundbased methods. Appl. Veget. Sci. 1: 233-240.

Felinks, B., Hahn, B. & Wiegleb, G. 1999. Vegetationstypen der terrestrischen Bereiche in der Niederlausitzer Bergbaufolgelandschaft. Arch. f. Natursch. u. Landschaftsforschung 38: 43-84.

Felinks, B., Mrzljak, J. & Pilarski, M. 2000. Generalisierung vegetationskundlicher und zoologischer Daten "vom Punkt in die Fläche" – empirische Analyse. In: Wiegleb, G., Bröring, U., Mrzljak, J. & Schulz, F. (Hrsg.): Naturschutz in Bergbaufolgelandschaften - Landschaftsanalyse und Leitbildentwicklung, Heidelberg: 264-283.

Gleason, H.A. 1926. The individualistic concept of the plant succession. Bull. Torrey Bot. Club 53, 7-26.

Schüller, H. 1969. Die CAL-Methode, eine neue Methode zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphats in Böden, Z. Pflanzenernährung Bodenk. 123: 48-64.

Wiegleb, G. & Felinks, B. 2001 a. Primary succession in postmining landscapes – chance or necessity? Ecological Engineering 17: 199-217.

Wiegleb, G. & Felinks, B. 2001 b. Predictability of early stages of primary succession in postmining landscapes of Lower Lusatia. Appl. Veget. Sci. 4: 5-18.

Wilson, J.B., Gitay, H., Roxburgh, S.H., King, W.M. & Tagney, R.S. 1992. Egler´s concept of "Initial floristic composition" in succession – ecologists citing it don´t agree what it means. Oikos 64, 591-593.