Spontane und gelenkte Sukzessionen in Braunkohlentagebauen – eine Alternative zu traditionellen Rekultivierungsmaßnahmen?

Ernst-Gerhard Mahn & Sabine Tischew

Synopsis
Two projects form the basis for investigations concerning the natural potentials of Central Germany's landscapes resulting from brown coal mining activities. The intention was to analyse the factors determining vegetation differentiation and the sequence and duration of successional stages under the specific site conditions. The example of a spontaneous and almost 30 year long succession of dry sandy grassland in the open-cast mine »Goitsche« mining area shows the high small-scale diversity of vegetation differentiation. The latter is in varying shares influenced by site characteristics and processes involving vegetation dynamics. Comparison of different sites and vegetation units reveals that duration of succession phases is strongly determined by site characteristics.

Initials were set by use of dry sandy grassland species on a new slope location and first successes were reached with regard to accelerated close-to-nature vegetation development in conjunction with reduced erosion rate.

A controlled course of succession seems to be possible mainly by dumping of suitable substrates and by paying attention to diaspore sources in the immediate surroundings.

Renaturierung, Braunkohlentagebau, Spontansukzession, gelenkte Sukzession, Sandtrockenrasen, Populationsstruktur, Corynephorus canescens

restoration, open-cast brown-coal mining, spontaneous succession, managed succession, dry sandy grassland, population structure, Corynephorus canescens

1. Problemstellung und Projektansatz

Die Rekultivierung von Braunkohlentagebauen in Mitteldeutschland erfolgte in den zurückliegenden Jahrzehnten vor allem unter den Aspekten einer bergbautechnischen Sicherung, einer Wiedereinbeziehung der Kippen und Halden in eine land- oder forstwirtschaftliche Nutzung und der Schaffung von Naherholungsgebieten. Im Ergebnis dieser Maßnahmen wurde jedoch oft die Tendenz der großflächigen Entwicklung monotoner Landschafts- und Vegetationsstrukturen verstärkt, die außerdem keinen Ersatz für die devastierten Flächen darstellen. In Anbetracht der räumlichen Dimensionen der vom Braunkohlentagebau betroffenen Landschaftsräume ist es daher dringend notwendig, neben den technischen und den ertragsbetonten Aspekten eine Sanierung unter Gesichtspunkten des Naturschutzes anzustreben. Dabei müssen in Zukunft die natürlichen Potentiale stärker in die Entwicklung der Braunkohlentagebaulandschaften einbezogen werden. Dieses Regenerationspotential wird eindrucksvoll auf den durch eine Unterlassung der Rekultiverung entstandenen spontanen Sukzessionsflächen sichtbar. Diese Flächen weisen ein außerordentlich vielfältiges Standortmosaik und eine hohe Dynamik auf, die die Entwicklung verschiedenster Phyto- und Zoocoenosen vor allem im extrem oligotrophen, lichtreichen und damit konkurrenzarmen Bereich begünstigten. Beispiele hierfür sind Sandtrockenrasen, Niedermoore und lichte Birkenvorwälder, die für viele konkurrenzschwache Arten neue Lebensräume bieten.

Im Rahmen zweier Projekte sollen in den Tagebaugebieten »Goitsche« und »Südraum von Leipzig« durch die Charakterisierung der Richtung und Geschwindigkeit der Primärsukzessionen die natürlichen Potentiale und ihre standörtlichen Grundlagen bestimmt werden, die als Grundlagen für ein Konzept zur Prognose und Steuerung der Sukzessionsprozesse dienen werden.

Grundlegende Fragestellungen des Projektes sind dabei:

1. ***In welchem Umfang determinieren die abiotischen und biotischen Faktoren die Vegetationsdifferenzierung?***
2. ***Welche Differenzierungen der Stadienabfolge und -dauer sind aufgrund der Standortspezifika im Vergleich zu Sukzessionen auf gewachsenen Böden zu erkennen?***
3. ***Inwieweit können die determinierenden Faktoren durch ein Management im Sinne einer gelenkten Sukzession beeinflußt werden?***

Um diese komplexen Fragestellungen umfassend bearbeiten zu können, wird im Rahmen der laufenden Projekte ausgehend von den verschiedenen Vegetationseinheiten (Initialstadien, Sandtrockenrasen, Vorwaldstadien) auf verschiedenen Untersuchungsebenen gearbeitet (vgl. Tab. 1).

Tab. 1
Untersuchungsprogramm

Tab. 1
Program of investigations

Untersuchungsebenen	Untersuchungsaufgaben	Untersuchungsmethoden
1. Naturraum	Einfluß der Diasporenquellen auf die Vegetationsdifferenzierung	Hierarchisches System von Dauer- und Vergleichsflächen der näheren und weiteren Umgebung; Untersuchungen zum Diasporeneintrag
2. Phytocoenose	Phasen- und Stadienabfolge in Abhängigkeit von Substrat, Alter und Nutzungsgeschichte	Vegetationsaufnahmen und standortökologische Untersuchungen
	Untersuchungen zur kleinräumigen Dynamik und Differenzierung im Sukzessionsverlauf	Dauerbeobachtungsflächen in quasi-homogenen Beständen und in Übergangsbereichen (Transekte)
	Untersuchungen zur Stabilität von Sukzessionsstadien	Einsaat von Arten späterer Sukzessionsstadien, Entfernen abbauender Arten
3. Population	Populationsökologische Untersuchungen in verschiedenen Sukzessionsstadien und Übergangsbereichen zum Reproduktions-, Etablierungs- und Ausbreitungsverhalten	Demographische Untersuchungen sowie Diasporenfall- und Diasporenbankuntersuchungen in den Dauerbeobachtungsflächen

2. Untersuchungsgebiet und -methoden

In diesem Beitrag sollen erste Ergebnisse der Untersuchungen aus dem Tagebaugebiet der »Goitsche« vorgestellt werden. In dem ca. 60 km^2 umfassenden Tagebaugebiet zwischen Bitterfeld und Delitzsch wurde seit 1923 Kohle aus 40–80 m tiefen Flözen gefördert. Durch einen hohen Anteil an Spontansukzessionsflächen aus mehreren Jahrzehnten auf vor allem geschiebearmen Substraten kann dieses Gebiet als ein Modellbeispiel für stark oligotrophe Kippenverhältnisse angesehen werden.

Am Rande des Mitteldeutschen Trockengebietes gelegen verringert sich zwar der Einfluß des Harzregenschattens bereits, die Niederschläge erreichen aber im Mittel kaum höhere Werte als 550 mm im Jahr.

Die völlige Substratumlagerung mit letztlich hohen Anteilen stark saurer tertiärer Substrate und die Absenkung des Grundwasserspiegels bis auf das Liegende, d.h. bis unter die Kohleflöze, führte in weiten Bereichen des Gebietes zur Ausbildung von Sandtrockenrasen, die nur auf den Standorten mit einem günstigeren Wasserhaushalt und höherem Anteil quartärer Substrate von Staudenfluren, Ginstergebüschen und Birkenvorwäldern abgelöst werden.

Die hohe Substratinhomogenität der Flächen infolge des Verkippens von Mischsubstraten aus den bis zu 50 m mächtigen Schichten über der Kohle führte auch innerhalb der Sandtrockenrasenflächen zu einer deutlichen Vegetationsdifferenzierung, die im Mittelpunkt der Untersuchungen zur Spontansukzession von Sandtrockenrasen steht.

Die im ersten Teil vorgestellten Ergebnisse sind Teil eines Untersuchungsprogramms auf den 25-27 Jahre alten Kippenflächen südwestlich des Restloches Holzweißig-West. In sechs verschiedenen quasi-homogenen Beständen des Sandtrockenrasen wurden auf jeweils drei 2 x 2 m^2 Dauerbeobachtungsflächen (jeweils in 1m^2-Teilflächen unterteilt), über die Vegetationsperiode 1994 im monatlichen Rhythmus phänologische Aufnahmen angefertigt, Keimlinge markiert und ihre Entwicklung verfolgt, von stadienbestimmenden Arten zum Blühzeitpunkt die Altersstruktur in Anlehnung an das AES-Konzept nach RABOTNOV (1945) und VORONTZOVA & ZAUGOLNOVA (1985) analysiert und der Bestandesdiasporenfall und der Diasporeneintrag mittels verschieden großer Trockentrichterfallen bestimmt. Noch laufende Diasporenbankuntersuchungen, standortkundliche Untersuchungen und Kartierungen der näheren und weiteren Umgebung ergänzen das Programm (zur Methodik vgl. auch TISCHEW 1994). Eine gleichartig bearbeitete Vergleichsfläche in einem lockeren Birkenvorwald in etwa 1km Entfernung soll zur Klärung der Unterschiede in der Gehölzsukzession beitragen. Außerdem wird die Besiedlung der immer noch fleckenweise auftretenden vegetationsfreien Standorte mit Hilfe von Transekten untersucht.

Auf Dauerbeobachtungsflächen im Grenzbereich zwischen *Calamagrostis epigejos*-Herden und Sandtrockenrasen-Beständen soll das Durchdringungs- und Ausbreitungsverhalten von *Calamagrostis epigejos* auf diesen Standorten untersucht werden.

In etwa 1 km Entfernung zu diesen Standorten liegen auf einer 1992 planierten Böschung die Versuchsstandorte zum Setzen von Initialen zur beschleunigten Entwicklung von Sandtrockenrasen. Die hier vorgestellte Versuchsfläche befindet sich auf einer 1:4 abgeflachten Böschung am Restloch Holz-

weißig-West. Wechselnde Mischungsverhältnisse von quartären und tertiären Kiesen, Sanden und lehmigtonigen Substraten im pH-Wert-Bereich von 4,1–7,3 sind repräsentativ für diese Böschungsstandorte. Es wurden daher jeweils vier randomisiert angeordnete Wiederholungsflächen angelegt. Um für spätere Anwendungen die Mindestdichte von notwendigen Initialen zu bestimmen, wurde mit drei Initialdichten – 1, 4 und 16 Rasensoden/m^2 – gearbeitet. Die Rasensoden haben eine Größe von 10 cm^3 und wurden ähnlich geneigten Böschungsbereichen mit spontan entwickelter Sandtrockenrasenvegetation eines ca. 30 Jahre alten Böschungsabschnittes am selbigen Restloch entnommen. Neben Vegetationsaufnahmen (nach LONDO 1975) werden auf der Versuchsfläche populationsökologische Untersuchungen an dominanten Arten (Etablierungs- und Reproduktionsverhalten) sowie Diasporenfalluntersuchungen und Kartierungen der näheren Umgebung vorgenommen.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1. Spontansukzessionen von Sandtrockenrasen

3.1.1. Rolle abiotischer Faktoren

Die ausgeprägte Vegetationsdifferenzierung der etwa gleichalten Kippenflächen südwestlich des Restloches Holzweißig-West drängt die Frage nach den Ursachen der Abfolge bzw. des Nebeneinanders der verschiedenen Sukzessionsstadien, der Substratabhängigkeit der Prozesse sowie dem Einfluß von Diasporenquellen auf die Richtung und zeitliche Abfolge der Stadien dieser Primärsukzessionen geradezu auf, da zwischenzeitliche Störungen durch die in angrenzenden Flächen laufenden Sanierungsarbeiten und die militärische Nutzung des Gebietes nicht von vornherein als Ursache für die Vegetationsdifferenzierung auszuschließen waren.

Außer einzelstehenden Pappeln, Birken und Kiefern konnten sich selbst nach einer fast 30jährigen Vegetationsentwicklung auf dem größten Teil dieser Fläche kaum geschlossene Gehölzbestände etablieren. Die erfolgreiche Ansiedlung von Gehölzen scheint ein äußerst seltenes Ereignis und im wesentlichen auf lokal günstige Standorte (Substratinseln?) beschränkt zu sein, da während der gesamten Vegetationsperiode 1994 auf den Versuchsflächen *nicht ein* Gehölzkeimling bemerkt wurde. Zwischenauswertungen der Diasporenfallen zeigen jedoch zumindest einen Eintrag von *Betula pendula*-Nüßchen in die Flächen. Mit großer Wahrscheinlichkeit dürfte die Austrocknung der Böden im Sommer, die den Wasserstreß auf den größtenteils sandigen Flächen infolge des immer noch künstlich gesenkten Grundwasserspiegels verstärkt, eine Hauptursache für den verzögerten Sukzessionsverlauf darstellen. Auf ähnlich extremen Substraten am Restloch »Paupitzscher See« im Tagebaugebiet Goitsche konnten sich nach einem ebenfalls über 20jährigen Sandtrockenrasenstadium erst nach Anstieg des Grundwassers in großem Umfang Birken etablieren. Auf den bindigeren Substraten dieser Untersuchungfläche siedelten sich dagegen bereits zu einem früheren Zeitpunkt Gehölze an. Neben den geringen Gesamt-Stickstoffgehalten der Böden (0,02–0,07%) limitiert damit sicherlich im wesentlichen die Wasserverfügbarkeit das Aufkommen der Gehölze (vgl. auch TILMAN 1985). Die Ressourcenverfügbarkeit auf den einzelnen Standorten muß aber einer weiteren Analyse unterzogen werden.

Untersuchungen auf landwirtschaftlich genutzten Kippenflächen des Braunkohlentagebaus weisen ebenfalls auf die verschieden schnelle Ausbildung von typischen Entwicklungsstadien der Ackerunkrautgesellschaften auf unterschiedlichen Substraten hin (TISCHEW & KLOTZ 1991).

Es kann also angenommen werden, daß auf unterschiedlichen Substraten die einzelnen Sukzessionsstadien verschieden lang ausgeprägt sind bzw. auch übersprungen werden können.

Diese Arbeitshypothese wird auch durch die Untersuchungen zur kleinräumigen Vegetationsdifferenzierung auf den gehölzfreien Sandtrockenrasenflächen unterstützt. Die hier gleichzeitig auftretenden Vegetationseinheiten (vgl. Tab. 2) sind in anderen Arbeiten z.T. als zeitlich nacheinander folgende Sukzessionsstadien bei der Besiedlung von Sandstandorten beschrieben (PASSARGE 1960, RYCHNOVSKA-SOUDKOVA 1961, SYMONIDES 1979, 1985).

Die standortkundlichen Untersuchungen zu den einzelnen Vegetationseinheiten (vgl. Tab. 2) zeigen vor allem in den extremen ökologischen Bereichen (*Corynephorus canescens*-Dominanzbestände, kryptogamenreiche *Corynephorus canescens*-Bestände) eine geringe Variationsbreite der minerotrophischen Parameter. *Corynephorus canesecens*-dominierte Bestände treten auf der untersuchten Fläche nur auf den Substraten mit einem extrem hohen Tertiäranteil und sehr niedrigen pH-Werten auf. In den Beständen auf den weniger extremen Substraten, die durch Arten mit einer ausgeprägten Tendenz zur vegetativen Ausbreitung (*Calamagrostis epigejos*-dominierte Bestände) oder längeren Lebensdauer der Individuen (*Artemisia campestris*-dominierte Bestände) gekennzeichnet sind, scheinen phytocoenose-interne Prozesse (z.B. first comer – Effekte, Konkurrenz) einen höheren Einfluß auf die Vegetationsdifferenzierung zu haben. Vegetationseinheiten mit ähnlicher Artenzusammensetzung können deshalb innerhalb einer weiteren Standortamplitude auftreten.

Tab. 2
Einfluß der standörtlichen Differenzierung auf die Vegetationsstruktur

Tab. 2
Influence of habitat differentiation on the vegetation structure

	Quartär-Tertiär-Verhältnis* (im Substrat bis 10 cm)	pH - Wert (in KCl)
1. *Corynephorus canescens* – Dominanzbestand	10 : 90	3,5 (3,2–3,7)
2. Kryptogamenreicher *Corynephorus canescens* – Bestand	20 : 80	3,8 (3,7–3,8)
3. *Helichrysum arenarium* – *Hieracium pilosella* reicher Bestand	40 : 60	4,0 (3,9–4,1)
4. *Trifolium arvense* – reicher Bestand	50 : 50	4,4 (4,3–4,4)
5. *Artemisia campestris* – reicher Bestand	30 : 70 – 50 : 50	5,2 (4,5–6,3)
6. *Calamagrostis epigejos* – reicher Bestand	30 : 70 – 60 : 40	4,4 (3,5–6,1)

*ergibt sich aus den Anteilen quartärer und tertiärer Substrate in den obersten 20cm, die nach Körnung, Farbe und Kohleanteil bestimmt werden

3.1.2. Phytocoenose-interne Prozesse

Um die Frage des Nach- oder Nebeneinander der verschiedenen Vegetationseinheiten näher zu untersuchen, wurden für die stadienbestimmenden Arten der Trockenrasenbestände (*Corynephorus canescens, Helichrysum arenarium, Hieracium pilosella, Artemisia vulgaris, Calamagrostis epigejos*) Erhebungen zum Entwicklungszustand und zur Altersstruktur der Populationen vorgenommen. Diese Untersuchungen sollen zur Charakterisierung des Entwicklungsstadiums der verschiedenen Phytocoenosen beitragen und so klären, inwieweit die Stadiendauer substratabhängig ist und ob Übergangswahrscheinlichkeiten für die einzelnen Stadien auf den verschiedenen Substraten prognostiziert werden können bzw. ob Aussagen zur Stabilität der einzelnen Stadien möglich sind. Arbeitshypothese war, daß die Populationen der etwa gleichalten Vegetationseinheiten unterschiedliche Entwicklungszustände aufweisen und Unterschiede im Reproduktions- und Etablierungsverhalten erkennen lassen.

Im Ergebnis der ersten Untersuchungen und Auswertungen können diese Annahmen bereits teilweise bestätigt werden. In Abb. 1 sind für vier Populationen von *Corynephorus canescens* in etwa gleichalten, aber auf unterschiedlichen Kippsubstraten vorkommenden Phytocoenosen die Anteile an verschiedenen Entwicklungsstufen bestimmt worden. Es muß sich hier nicht in jedem Fall auch um Altersstufen handeln, da anzunehmen ist, daß *Corynephorus canescens* auf den verschiedenen Standorten unterschiedlich schnell eine gewisse Horstgröße erreicht. Im Literaturvergleich wird deutlich, daß die Variabilität der Lebensdauer bei unterschiedlichem Klimaeinfluß sehr hoch sein kann (REICHHOFF & BÖHNERT 1978, SYMONIDES 1979). Es wäre daher zu prüfen, ob auch unter verschiedenen Standortverhältnissen und in verschiedenen Phasen der Populationsentwicklung die Lebensdauer der Horste unterschiedlich sein kann.

Nach dem hohen Anteil an Keimlingen und Horsten mit geringem Anteil toter Triebe ist die Population auf den ärmsten *Corynephoretum*-Standorten noch in der frühen Entwicklungsphase. In den kryptogamenreichen Corynephoreten ist bei größerer Gesamtindividuenzahl/m^2 bereits eine deutliche Abnahme dieser frühen Entwicklungsstufen und eine Zunahme der senilen und toten Horste zu erkennen. Es überwiegen Stufen, die bereits eine geringere Vitalität der Population charakterisieren. Diese Tendenzen verstärken sich bei der Population in dem von *Helichrysum arenarium*-dominierten Bestand. Hier ist auch eine deutlich geringere Gesamtindividuenzahl festzustellen, so daß von einer Rückgangsphase der Populationsentwicklung gesprochen werden kann. Unerwarteterweise ist auch in dem lockeren Birkenvorwald ein Überwiegen von Entwicklungsstufen, die eher eine frühe Vollentwicklungsphase der Population (im Sinne von RABOTNOV 1945) charakterisieren, festzustellen. Die Keimlingsmortalität über die Sommermonate nimmt von den Populationen in den Entwicklungsphasen zu den Populationen in den Rückgangsphasen zu.

3.1.3. Rolle der determinierenden Faktoren

Im Ergebnis dieser ersten Untersuchungen und Auswertungen kann somit festgestellt werden, daß vor allem im extremen ökologischen Bereich die Standortbedingungen eine maßgebliche Ursache für die Vegetationsdifferenzierung darstellen. Auf diesen Standorten läuft die Sukzession stark verzögert ab. Es ist anzunehmen, daß sich die lückigen *Corynephorus canescens*-Bestände bereits über einen Zeitraum von fast 30 Jahren gehalten haben bzw. diese Standorte allmählich besiedelt haben und hier wenigstens mittelfristig Dauerstadien bilden. *Corynephorus canescens* wies im Vergleich zu anderen Arten auf besseren Standorten trotz der Extremheit der Standorte

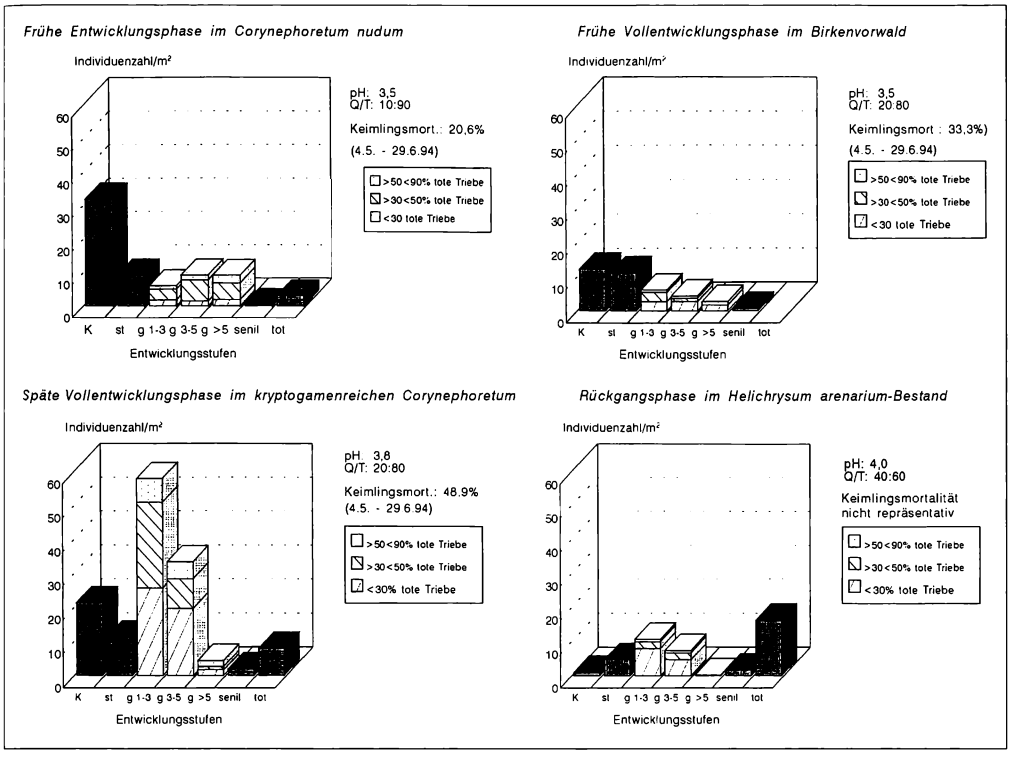

Abb. 1

Populationsstruktur von *Corynephorus canescens* in 4 etwa gleichalten Beständen (25–27 Jahre) auf Kippenflächen am Restloch Holzweißig-West (»Goitsche«), jeweils 3 Probeflächen je 1 m² (K – Keimling, st – steril, g 1–3 – generative Horste Ø 1 cm – 3 cm, g 3–5 – generative Horste Ø 3 cm–5 cm; g > 5 – generative Horste Ø > 5 cm)

Fig. 1

Population structure of Corynephorus canescens in 4 stands of similar age on tips of the mine "Goitsche"

während der Sommermonate die niedrigste Keimlingsmortalität auf. Entgegen den Untersuchungen von RYCHNOVSKA-SOUDKOVA (1961), die beispielsweise für *Artemisia campestris*-Keimlinge auf den trockensten Standorten im Vergleich zu *Corynephorus canescens* wesentlich geringere Mortalitätsraten angibt, erscheint daher *Corynephorus canescens* auf den sandigen Kippenflächen in dieser ontogenetischen Phase als die Art mit den geringsten Ansprüchen an den Standort. Aus Transektuntersuchungen wurde ersichtlich, daß erst die Standorte mit den höchsten Anteilen tertiärer sandiger Substrate und einem pH-Wert unter 2,3 nicht mehr von *Corynephorus canescens* besiedelt werden können, da hier eine nahezu 100 %ige Mortalität der Keimlinge festzustellen war. Auf den extremen Standorten konnten nur in Ausnahmefällen Keimlinge anderer Arten festgestellt werden. Die bisherigen Auswertungen zum Diasporeneintrag zeigen, daß fehlende Diasporenquellen zumindest für diese räumlich eng verzahnten Bestände wahrscheinlich nicht als eine mögliche Ursache dieser unterschiedlichen Entwicklungen anzusehen sind. Durch Einsaatversuche von Arten »späterer Sukzessionsstadien« soll diese Annahme experimentell überprüft werden.

Auf den besseren Standorten ist aufgrund der hohen Anteile von späteren Entwicklungsstufen und der geringen Verjüngungstendenz von *Corynephorus canescens* für die weitere Prognose der Vegetationsentwicklung zu erwarten, daß der Art in diesen Phytocoenosen nur noch eine untergeordnete Bedeutung zukommen wird. Das *Corynephorus canescens*-dominierte Stadium wurde hier also sicherlich wesentlich schneller durchlaufen. Eine erneute experimentelle Störung dieser Standorte soll über die initiale Vegetationsentwicklung Auskunft geben, da ein Überspringen von Sukzessionsstadien nicht auszuschließen ist.

Calamagrostis epigejos-dominierte Bestände können eine weite Standortamplitute besitzen. Auf den extremen Standorten wurden derartige Bestände seltener gefunden. Die Ausbreitung erfolgt vorrangig ve-

getativ, die Etablierung neuer Individuen auf generativem Weg ist sicherlich ein sehr seltenes Ereignis und konnte in keinem Fall sicher beobachtet werden (vgl. auch LEHMANN & REBELE 1994). Erste Untersuchungen zeigen, daß zwischen lockeren *Calamagrostis epigejos*-Beständen mit einer sehr geringen vegetativen Ausbreitungstendenz sowie zahlreichen, sich immer wieder reproduzierenden Sandtrockenrasenarten auf den ungünstigeren Standorten und *Calamagrostis epigejos*-Dominanzbeständen auf Standorten mit höheren Anteilen bindiger quartärer Substrate unterschieden werden muß. Damit besteht auf den ärmeren Substraten zumindest unter der derzeit wirkenden künstlichen Grundwasserabsenkung nicht die Gefahr der Verdrängung von Sandtrockenrasenarten durch *Calamagrostis epigejos.*

Auch die *Artemisia campestris*-dominierten Bestände können über eine weite Standortamplitude auftreten, meiden jedoch die extremen Standorte. Eine erfolgreiche Etablierung von Individuen dieser Art unter lokal oder zeitlich begrenzt günstigen Verhältnissen beeinflußt infolge der längeren Lebensdauer die kleinräumige Vegetationsdynamik über längere Zeiträume. Daher kann ebenso wie für die durch *Calamagrostis epigejos*-dominierten Bestände von einer spezifischen Beeinflussung des Sukzessionsverlaufes durch Etablierungsereignisse in räumlichen und zeitlichen Nischen (wie z.B. den »first comer-Effekt«) und damit von einer die phytocoenose-interne Dynamik bestimmenden Rolle der Populationen einzelner Arten gesprochen werden.

Die Ursachen für das Auftreten von Beständen, die durch das zahlreiche Vorkommen von kurzlebigen Arten (*Trifolium arvense*) gekennzeichnet sind, können nach dem derzeitigen Untersuchungsstand noch nicht eindeutig geklärt werden. Die langfristige Stabilität dieser Phytocoenosen scheint fragwürdig, da in diesem Standortsbereich ausdauernde Arten durchaus einwandern könnten.

3.2. Gelenkte Sukzession zur Entwicklung von Sandtrockenrasen

Aus ökologischer Sicht ist aus den eingangs genannten Gründen einer spontanen Vegetationsentwicklung der Vorzug zu geben. Das Setzen von Initialen kann aber vor allem bei starker Staubbelästigung und Erosionsgefahr, einem hohem Isoliertheitsgrad der Standorte (fehlende Diasporenquellen) und aus ästhetischen Gründen (z.B. Erholungsnutzung) als ein sinnvoller Weg zu einer beschleunigten Vegetationsentwicklung auf den Kippenstandorten angesehen werden. Es soll daher Arten vergleichbarer Standorte durch Einsäen, Einpflanzen und durch Sodenversetzung das Einwandern bzw. auch die Etablierung erleichtert werden. Die sich dabei entwickelnden Bestände sollten zwar die oben aufgeführten Ziele erfüllen, aber andererseits noch so lückig sein, daß eine spontane Einwanderung anderer Arten noch möglich ist. Dabei stehen folgende Fragen im Mittelpunkt:

- ***In welchem Maß kann der Sukzessionsverlauf beschleunigt werden?***
- ***Welche strukturellen Unterschiede sind im Vergleich zu Spontansukzessionsflächen zu erkennen?***
- ***Welche der angewendeten Methoden erweisen sich a) als praktikabel und b) als erfolgreich im Sinne der angestrebten Vegetationsentwicklung?***

Im folgenden werden erste Ergebnisse aus den Versuchen zu den Rasensodenversetzungen, die zur Etablierung von Sandtrockenrasen führen sollen, vorgestellt. Sie stellen eine Möglichkeit zur beschleunigten, aber naturnahen Entwicklung von Vegetationseinheiten dar.[1]

Im zweiten Jahr nach der Sodenversetzung war auf den Versuchsflächen im Vergleich zu dem Ausgangsbestand (Herkunftsbestand der Rasensoden) vorerst eine Verschiebung der Dominanzanteile der einzelnen Arten zu erkennen (vgl. Tab. 3). Auf den noch gut erkennbaren Rasensoden breitete sich *Corynephorus canescens* aus. Die Erhöhung des Gesamtdeckungsgrades auf den Rasensoden ist vorwiegend auf die Erhöhung des Deckungsgrades dieser Art zurückzuführen. Die anderen Arten konnten sich in etwa gleichen Anteilen behaupten, nur *Jasione montana* nahm in ihrem Deckungsgrad ab.

Offenbar durch den erhöhten Trockenstreß des südexponierten Böschungsstandortes bedingt, gingen die Kryptogamen insgesamt stark zurück. In den Zwischenräumen der Rasensoden konnten sich sechs Arten der Rasensoden ausbreiten. Dabei ist ein eindeutiger Vorteil der vegetativen Ausbreitung durch Ausläufer (*Hieracium pilosella*) gegenüber der generativen Ausbreitung anderer Arten (*Corynephorus canescens, Jasione montana*) zu verzeichnen. Aus dem Umfeld der Versuchsfläche konnten sich zwar immerhin 21 Arten etablieren, die insgesamt aber nur einen Deckungsgrad von 6% erreichten. Ein Problem auf den Teilflächen mit erhöhten Tonanteilen stellt die vegetative Ausbreitung von *Cirsium arvense* dar.

Obwohl die Zwischenräume der Rasensodenimplantate noch sehr spärlich besiedelt wurden, verringerte sich durch das gute Wachstum der Arten auf den Rasensoden selbst die Erosionsgefahr auf diesem Böschungsabschnitt. »Unerwünschte« Arten im Sinne des Sukzessionszieles, wie *Calamagrostis epigejos,* konnten sich auf der Versuchsfläche bisher nicht ausbreiten.

---

1) Für die Bereitstellung der Daten zu diesem Teilaspekt danken wir der Diplomandin Elke Janasek

Tab. 3
Vegetationsentwicklung und Veränderung der Dominanzanteile ausgewählter Arten der Rasensoden-Versuchsflächen (n=12)

Tab. 3:
Vegetation development and changes in dominance of selected species of the plots used for transplanting experiments (n=12)

	Ausgangsbestand (26.7.93)	Rasensoden (10.8.94)	Zwischenraum (10.8.94)
Artenzahl	14	9	6
Gesamtdeckungsgrad in %	50	75	5
Deckungsgrad ausgewählter Arten in %			
Corynephorus canescens	10	48	+
Hieracium pilosella	20	17	5
Jasione montana	20	4	r
Achillea millefolium	2	2	r
Calamagrostis epigejos	r	+	0
Kryptogamen (ges.)	60	18	0
Etablierung über Diasporeneintrag bzw. vegetatives Einwachsen			
gesamt (21 Arten)		0	6
Bromus tectorum		0	1
Cirsium arvense		0	5

4. Schlußfolgerungen

Aus den Ergebnissen der Untersuchungen auf den Trockenrasen und in den Birkenvorwäldern lassen sich folgende erste Schlußfolgerungen ziehen: Der Sukzessionsverlauf auf Kippen des Braunkohlentagebaus weist Züge auf, die in ihren Grundtendenzen denen auf vergleichbaren Standorten gewachsener Böden entsprechen. Auf extremen Standorten kann aber die hohe Variabilität begrenzender Standortfaktoren wie beispielsweise Wassermangel, Nährstoffarmut und/oder hohe Bodenazidität eine differenzierte Verzögerung des Sukzessionsverlaufes bedingen, die als eine Ursache für die hohe kleinräumige Diversität der Vegetationseinheiten angesehen werden kann.

Der Einfluß der Diasporenquellen auf die Primärsukzessionen bedarf noch einer weiteren Untersuchung. Vor allem im extremen ökologischen Bereich determinieren die abiotischen Verhältnisse den Sukzessionsverlauf offenbar stärker als die Diasporenquellen. Vegetationsinterne Prozesse wie »first comer-Effekte« scheinen dagegen auf den weniger extremen Standorten eine große Rolle zu spielen. Die Übertragbarkeit der Aussagen auf andere Vegetationseinheiten der Kippen muß in weiteren Untersuchungen geprüft werden.

Populationsökologische Untersuchungen können zu einer Klärung der Stadienabfolge und zu prognostischen Aussagen zur weiteren Vegetationsentwicklung beitragen.

Aus den ersten Ergebnissen zum Setzen von Initialen im Sinne einer gelenkten Sukzession auf Böschungsstandorten ist eine Beschleunigung der Vegetationsentwicklung bei gleichzeitiger Anreicherung mit Arten des Umfeldes zu erkennen und das Etablieren »unerwünschter Arten« konnte bisher verhindert werden. Eine Steuerung des Sukzessionsverlaufes in eine »gewünschte Richtung« ist aus der Kenntnis der Sukzessionsprozesse vor allem aber auch durch die Schaffung entsprechender Geländeformen und die Schüttung geeigneter Substrate unter Beachtung des voraussichtlichen Grundwasserstandes sowie der Diasporenquellen der näheren Umgebung vorstellbar.

Literatur

LEHMANN, C. & F. REBELE, 1994: Zum Potential sexueller Fortpflanzung bei *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth. – Verh. d. Ges. f. Ökol.23: 445–450.

LONDO, G., 1975: De decimale schaal foor vegetatiekundlige opnamen van permanente Kwadraten. – Gorteria 7 (7): 101–106.

PASSARGE, H., 1960: Zur soziologischen Gliederung binnenländischer *Corynephorus*-Rasen im nordostdeutschen Flachland. Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg 98–100: 113–124.

RABOTNOV, T. A., 1945: Biologische Beobachtungen von subalpinen Wiesen im nördlichen Kaukasus (in russisch). – Bot. Zhurn. 30: 167–177.

REICHHOFF, L. & W. BÖHNERT, 1978: Zur Pflegeproblematik von Festuco-Brometea-, Sedo-Scleranthetea- und *Corynephorus*-Gesellschaften in NSG im Süden der DDR. – Arch. Natursch. u. Landschaftsforsch. 18 (2): 81–102.

RYCHNOVSKÁ-SOUDKOVÁ, M., 1961: *Corynephorus canescens.* Physiologisch-ökologische

Studie einer Pflanzenart. Rozpr. Ceskosl. Akad. Ved. 71(8): 1–80.
SYMONIDES, E., 1979: The structure and population dynamics of psammophytes on inland dunes. I. Population of initial stages. – Ekol. pol. 27: 3–37.
SYMONIDES, E., 1985: Population structure of psammophyte vegetation. – In: J. WHITE (ed.): The Population Structure of Vegetation. Handbook of Vegetation Sci. 3. Junk, Dordrecht, Boston, Lancaster: 265–291.
TILMAN, D., 1985: The ressource-ratio hypothesis of plant succession. The American Naturalist 125 (6): 827–852.
TISCHEW, S. & ST. KLOTZ, 1991: Die Pflanzengesellschaften der Äcker auf rekultivierten Kippen des Tagebaugebietes südlich von Leipzig. – Wiss. Z. Univ. Halle XXXX 91 M, H.3: 3–24.
TISCHEW, S., 1994: Zur Rolle des Diasporenfalls und der Diasporenbank für den Verlauf von Sekundärsukzessionen am Beispiel von Acker- und Grünlandbrachen des Mitteldeutschen Trockengebietes. – Diss., Martin-Luther-Universität Halle: 174 S.
VORONTZOVA, L. I. & L. B ZAUGOLNOVA, 1985: Population biology of steppe plants. – In: J. WHITE (ed.): The Population Structure of Vegetation. Handbook of Vegetation Sci. 3. Junk, Dordrecht, Boston, Lancaster: 143–178.

Adressen

Prof. Dr. Ernst-Gerhard Mahn
Dr. Sabine Tischew
Martin-Luther-Universität Halle
Institut für Geobotanik und Botanischer Garten
Neuwerk 21
D-06108 Halle

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: 24_1995

Autor(en)/Author(s): Mahn Ernst-Gerhard, Tischew Sabine

Artikel/Article: Spontane und gelenkte Sukzessionen in Braunkohlentagebauen - eine Alternative zu traditionellen Rekultivierungsmaßnahmen? 585-592