

Initiierte Entwicklung von Sandtrockenrasen im Tagebaugebiet "Goitsche" bei Delitzsch

ELKE BAURIEGEL ; ERNST-GERHARD MAHN; SABINE TISCHEW

Abstract

BAURIEGEL, E.; MAHN, E.-G.; TISCHEW, S.: Initial development of dry sandy grassland on slopes of the embankment of the post coal mining pit "Restloch Holzweißig-West" in coal mining district "Goitsche". - *Hercynia N.F.* 30 (1996): 13-32.

In vegetation free embankment locations of the post coal mining pit "Restloch Holzweißig-West" in the Central German coal mining district "Goitsche" (Federal Republic of Germany, states Saxonia and Saxonia-Anhalt) experimental sites for transplantation and sowing were installed and observed in 1993-1995. By using different methods of vegetation initialization (transplantation of grass sods, plantation and sowing) we tried to facilitate the establishment of autochthonous species of comparable undisturbed habitats (dry sandy grassland). By means of varying the initial density, the species composition, the substrate characters, and the slope of embankment basic information about an accelerated, quasi-natural vegetation development was acquired. The experiments illustrate the establishment behaviour of the species studied under different biotic and abiotic conditions. By means of seed rain traps the dispersal potential of species of the surrounding area was determined and their establishment behaviour in the experimental sites as well as in control sites is discussed.

Within the experimental sites of grass sods the dominant proportion of some species changed. Especially species with high generative or vegetative expansion ability (for example *Corynephorus canescens* and *Hieracium pilosella*) colonized the intersites already in the first year.

Populations initiated by sowing or plantation need a longer period for their development since the stage of maturity is not reached by most species before the second year.

The experiments show that the establishment of psammophytic grassland is only possible within certain limits of habitat conditions. As a result of investigation we conclude that it seems to be useful to combine different methods of vegetation initialization. One preferred possibility is the exhaustive sowing of *Corynephorus canescens*, supplemented by transplantation of grass sods and plantation of selected species.

Keywords: open-cast brown coal mining, restoration, managed succession, psammophytic grassland, transplantation, establishment, *Corynephorus canescens*, *Hieracium pilosella*.

1. Einleitung

Anliegen der Arbeit ist es darzustellen, inwieweit durch verschiedene Methoden der Initialsetzung bei einer naturnahen Revitalisierung ehemaliger Flächen des Braunkohlentagebaus "Goitsche" das Potential

der umgebenden Landschaft in die spontane Wiederbesiedlung einbezogen werden kann. Sinn der Untersuchungen ist es zugleich, aufwendige Managementmaßnahmen zu minimieren. Durch gezielte Einflußnahme (Einbringen von Sandtrockenrasenarten durch Pflanzung und Aussaat) soll dabei die Entwicklung solcher Vegetationsstrukturen unterstützt werden, die in ihren ökologischen Ansprüchen an die Standortverhältnisse der Versuchsflächen angepaßt sind. Auf ca. 30jährigen sich selbst überlassenen Tagebauflächen entwickelten sich in der "Goitsche" unter vergleichbaren Standortverhältnissen spontan Sandtrockenrasen.

In der Literatur sind bisher wenige Untersuchungen mit ähnlichen Zielstellungen zu finden (vgl. JOCHIMSEN et al. 1995). WOLF (1989) beschrieb eine Beschleunigung der Entwicklung eines naturnahen Waldbestandes durch Aufbringung humosen Oberbodens aus einem Altwald der Umgebung des ehemaligen Tagebaus Hambach auf forstliche Rekultivierungsflächen. Von JOCHIMSEN (1984) wurden Ansaatmischungen auf Bergematerial ausgebracht, um "... den natürlichen Entwicklungsablauf zeitlich zu raffen, ohne die notwendigen Sukzessionsphasen auszulassen". URBANSKA (1988, 1989) verweist auf die Fähigkeit und das Vermögen von autochthonem, angepaßtem Pflanzenmaterial, langlebig und erfolgreich extreme Standorte zu besiedeln.

Bei unseren Untersuchungen standen folgende Fragestellungen im Vordergrund (vgl. MAHN et TISCHEW 1995; JANASEK 1995):

1. Welche Unterschiede in Artenzusammensetzung und Dominanzverhältnissen sind zwischen den Phytozönosen der angelegten Etablierungsversuche und durch spontane Sukzession entstandenen Sandtrockenrasen (Mutterflächen) erkennbar?
2. Welche der angewandten Methoden führt am schnellsten zu einer Entwicklung in Richtung der angestrebten Vegetationsstruktur?
3. In welchem Maße kann der Sukzessionsverlauf beschleunigt werden?
4. Welche minimale Initialdichte ist notwendig, um einerseits die Erosion möglichst effektiv zu verhindern, aber andererseits auch durch die Möglichkeit einer zusätzlichen Einwanderung von Trockenrasenarten die Dynamik der Bestände zu erhalten?

2. Untersuchungsgebiet

Das ehemalige Tagebaugelände "Goitsche" wird durch Delitzsch im Süden sowie Bitterfeld im Norden begrenzt (vgl. Abb. 1) und befindet sich am Rand des Mitteldeutschen Trockengebietes mit Niederschlägen um 500 mm.

Es umfaßt insgesamt eine Fläche von ca. 60 km² und ist Teil des Reviers Bitterfeld-Gräfenhainichen-Delitzsch im westelbischen Fördergebiet (THUM et al. 1992). Die Versuchsflächen befinden sich auf einer einjährigen Böschung aus frisch geschobenen Kippsubstraten im grundwasserfernen Bereich des Restloches Holzweißig-West in südexponierter Lage mit 5° bzw. 15° Hangneigung (vgl. Abb. 2). Die Standorte sind gekennzeichnet durch stark wechselnde Substratverhältnisse (Mosaik aus teilweise kohlehaltigen Kiesen, kiesigen Sanden, Ton- und Schlufflinsen). Die pH-Werte ändern sich entsprechend dem Substratmosaik kleinräumig (vgl. auch Abschnitt 4.1). Aufgrund der weitgehend isolierten Lage der Böschung wurde angenommen, daß der Eintrag von Diasporen, speziell von Sandtrockenrasen, gering ausfällt und somit der Entwicklungsprozeß verzögert wird.

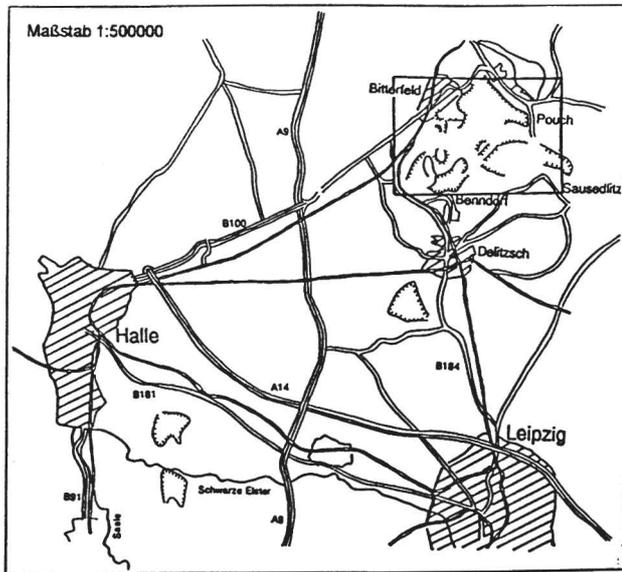


Abb. 1: Lage des ehemaligen Braunkohlentagebaugesbietes "Goitsche"

3. Methoden

Die gewählten Verfahren zur Etablierung von Sandtrockenrasen umfaßten folgende Versuchsvarianten:

- Umsetzungsversuch (Rasensoden)
- Auspflanzungsversuch (Jungpflanzen)
- Aussaatsversuch

3.1. Umsetzungsversuch

Aus zwei ca. 30jährigen spontan entwickelten Sandtrockenrasenbeständen auf einem Böschungsstandort (IB) und einem früher militärisch genutzten Kippenstandort (IM), die sich am Rande des Restloches "Holzweißig-West" befanden, wurden Rasensoden mit einer Kantenlänge von 10x10x10cm entnommen. Sie stammen aus Beständen in fortgeschrittener Entwicklungsphase der Sandtrockenrasen (vgl. PASSARGE 1960), die pflanzensoziologisch dem Corynephorion zuzuordnen sind. Drei unterschiedliche Initialdichten - ein, vier und sechzehn Rasensoden pro m² - wurden in vierfacher Wiederholung randomisiert angeordnet (vgl. Abb. 2). Jeder Versuchsansatz besteht aus zwei Blöcken, wobei zwei unterschiedliche Neigungswinkel berücksichtigt wurden. Die Umsetzung erfolgte im Juli 1993.

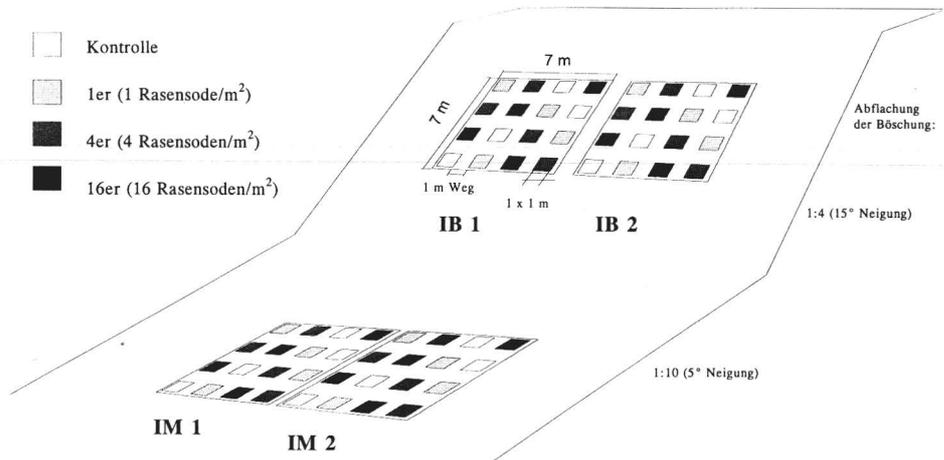


Abb. 2: Versuchsanordnung für Flächen der Rasensodenumsetzungen

Flächen **IB** - Umsetzung von Initialen der **B**öschung

Flächen **IM** - Umsetzung von Initialen des "Militärrasens"

3.2. Auspflanzungsversuch

Für diesen Versuch wurden im Frühjahr 1995 Jungpflanzen von acht verschiedenen Trockenrasenarten ("Initialarten") herangezogen. Es wurden Arten ausgewählt,

- die typische Sandtrockenrasenarten sind (z.B. *Corynephorus canescens*, *Helichrysum arenarium*, *Jasione montana*),
- die eine hohe vegetative (z.B. *Hieracium pilosella*) bzw. generative Ausbreitungsgeschwindigkeit (z.B. *Corynephorus canescens*) besitzen oder
- durch starke Wurzelentwicklung (z.B. *Artemisia campestris*) und
- durch schnellen Eintritt in die reproduktive Phase (*Plantago arenaria*, *Trifolium arvense*) geeignet schienen.

Die Jungpflanzen wurden in vier verschiedenen Varianten (eine Pflanze je Art/m², fünf Pflanzen je Art im Tripel/m² [in innerartlicher Konkurrenz], eine Pflanze je Art in gemischten 8er-Tripeln/m² [in zwischenartlicher Konkurrenz] sowie Kontrollflächen [ohne Pflanzung]) in je vierfacher Wiederholung randomisiert ausgepflanzt.

3.3. Aussaatversuch

Für diesen Versuch wurde in der Vegetationsperiode 1993 autochthones Samenmaterial gesammelt. Sowohl Pionierarten (*Corynephorus canescens*, *Plantago arenaria*, *Trifolium arvense*) als auch Arten der späteren Entwicklungsstadien von Sandtrockenrasen (*Helichrysum arenarium*, *Artemisia campestris*, *Centaurea stoebe* und *Jasione montana*) kamen im Herbst 1993 zur Aussaat.

Zur Quantifizierung der notwendigen Samenmenge wurden die Arten als Samenmischungen in zwei unterschiedlichen Initialdichten (Initialdichte ID 1: sieben Arten mit je 100 Samen pro m², Initialdichte ID 2: sieben Arten mit je 500 Samen pro m²) ausgebracht. Die Flächen wurden einschließlich Kontrollflächen in dreifacher Wiederholung randomisiert angeordnet.

Mit den Untersuchungen wurde mit dem Auflaufen der Arten im Frühjahr 1994 begonnen.

3.4. Vegetations- und bodenkundliche Erfassungsmethoden

Auf den Umsetzungsversuchsflächen fand ab 1994 dreimal jährlich eine prozentgenaue Schätzung des Deckungsgrades statt, die Nomenklatur folgt ROTHMALER (1988). Nach Etablierung der Individuen des Aussaat- und Auspflanzungsversuches erfolgte im April 1995 eine Deckungsschätzung. Das Auflaufverhalten, die Keimlingsmortalitäten, das Entwicklungs- und Reproduktionsverhalten wurden auf allen Versuchsflächen detailliert erfaßt. Die Arten wurden zwei Gruppen zugeordnet: die "Initialarten" verkörpern die eingebrachten Species, "spontane Arten" sind die vor den Initialsetzungen in der Diasporenbank vorhandenen Individuen bzw. Arten der Vegetation, die nicht durch Initialsetzung etabliert wurden.

Zur Untersuchung weiterer Einflüsse wurden Bodenuntersuchungen, Untersuchungen zum Diasporeneintrag und -vorrat durchgeführt.

Bodenuntersuchungen: 10 Proben von 0 - 10 cm Tiefe/m² vereint zu einer Mischprobe

Messung der pH-Wertes in KCl und H₂O

Stickstoffbestimmung nach KJELDAHL nach DIN 19684, Teil 4

Schwefel (CNS-Elementaranalyse, Laborvorschrift)

Diasporenbank: 10 Proben je 0-2,5 und 2,5-5cm Tiefe/m² vereint jeweils zu einer Probe Auflaufmethode nach PUTENSEN (1882) und PETERS (1893) (zitiert in FISCHER 1987), Probenahme Okt. 94

Diasporenfall: zwei Diasporenfallen (Ø=25 cm) nahezu ebenerdig pro Versuchsfläche, monatliche Leerung August bis Dezember 94.

3.5. Methoden der Auswertung

Zur Überprüfung der qualitativen Ähnlichkeit zwischen Versuchsflächen und den Mutterflächen nach eineinhalb Jahren wurde der SØRENSEN-Test durchgeführt. Der Test nach MOTYKA et al. (1950) berücksichtigt die quantitativen Ähnlichkeiten zwischen dem Ausgangsbestand und der Versuchsfläche. Zur

statistischen Auswertung wurden Mittelwerte der Deckungen sowie die zugehörigen Standardfehler berechnet. Bei normalverteilten Werten kam der T-Test (Test von zwei unabhängigen Stichproben), bei nicht normalverteilten Werten der U-Test nach MANN et WHITNEY (nichtparametrischer Test jeweils zweier unabhängiger Stichproben) zur Anwendung.

4. Ergebnisse

4.1. Abiotische und biotische Einflußgrößen

Ein Komplex von abiotischen und biotischen Faktoren bestimmt den Erfolg einer gezielten Beeinflussung der Sukzession. Dabei kommt zu Versuchsbeginn den extremen Standortverhältnissen eine besondere Rolle zu. So hat die Vegetation der offenen Böschungsstandorte extreme Temperaturschwankungen (20 K Tagesdifferenz an der Bodenoberfläche) und eine starke Sonneneinstrahlung ($1600 \text{ E} \cdot \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \text{ PhAR}^{-4}$) zu ertragen, wie sie während eines Meßprogramms am 10.08.1994 gemessen wurden. Auch die stellenweise starke Übersandung, Ausblasung und Verwehung (Messungen von 1 bis 10 kg Substrateintrag/m² und Monat in den Diasporenfallen) sind regelmäßig auftretende Störungen. Die eingangs erwähnten Kippsubstrate enthalten Kohleanteile von 0 % bis zu 20 %, wobei weite C/N-Verhältnisse (Gesamtstickstoff 0,01 % bis 0,08 %), relativ geringe Schwefelgehalte (Schwankungen von 0,03 % bis 0,3 %, durchschnittlich 0,05 %) und starke pH-Schwankungen vorherrschen. Abb. 3 zeigt die innerhalb eines Versuchsblockes auftretenden pH-Schwankungen von vier Einheiten:

IB 1				IB 2				7m
4,81	6,03	2,9	3,94	4,79	5,49	4,34	6,06	
3,94	5,32	3,64	3,12	4,11	4,26	5,78	4,2	
5,84	3,94	6,55	3,82	5,54	4,64	6,13	6,48	
3,66	3,72	7,0	6,14	3,54	5,48	4,57	6,79	

Abb. 3: Muster der räumlichen Verteilung der pH-Werte (KCl) für die Flächen IB 1 und 2

Neben diesen abiotischen Standortfaktoren nehmen gleichzeitig der Diasporeneintrag, die potentiell verfügbaren Diasporen im Boden (Diasporenbank) sowie die vorhandene Spontanvegetation Einfluß auf die Entwicklungsrichtung sowie -geschwindigkeit.

Die Vermutung, daß Diasporen von Sandtrockenrasen nur in geringen Mengen eingetragen werden können, wurde bestätigt. 95% der eingetragenen Diasporen gehören zu den Ruderal- und Segetalarten aus der unmittelbaren Umgebung, während Sandtrockenrasenarten durch das Fehlen von Diasporenquellen in der näheren Umgebung kaum vorhanden sind.

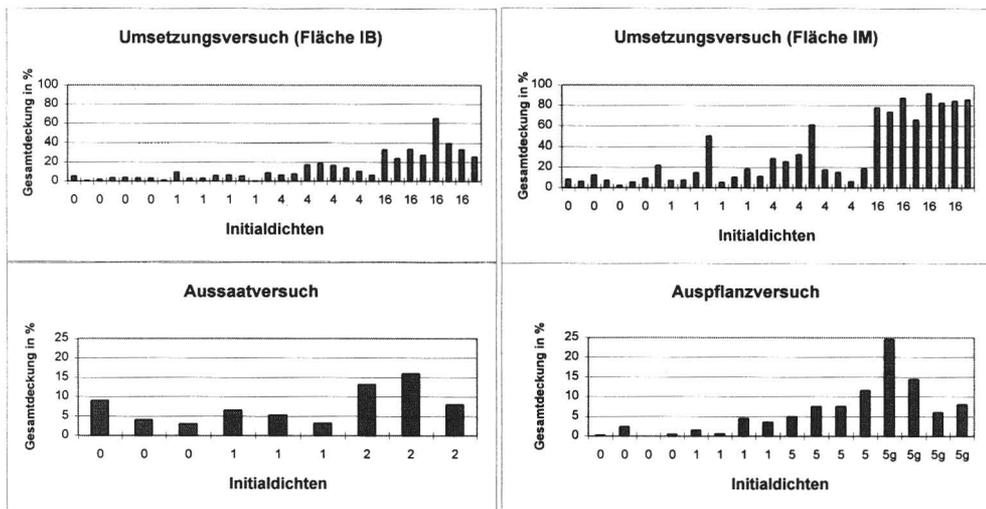
Auf den Versuchsflächen erhöhte sich der Anteil der Trockenrasenarten in der Diasporenbank in den Zwischenräumen (Teilfläche des Quadrates, welche nicht durch die Rasensode eingenommen ist) durch

die Rasensodensetzung beachtlich. So nahm insbesondere der Anteil der Leguminosen stark zu. Auf der Versuchsfläche IM 2, Variante eine Rasensode/m², erreichte *Trifolium arvense* im Herbst 1994 ca. 60% des Gesamtsamenvorrates. *Corynephorus canescens* erreichte auf der Fläche IB 1, Variante vier Rasensoden/m², ca. 5%.

In den ersten zwei Jahren etablierten sich auf den Kontrollflächen - also nicht beeinflussten Flächen - hauptsächlich Pionierarten der Ruderal-/Segetalflora. Als typische Vertreter seien *Poa compressa*, *Elytrigia repens*, *Lolium perenne*, *Cirsium arvense* und *Bromus tectorum* genannt, die aber hinsichtlich ihrer Stetigkeit, Frequenz sowie Dominanz stark variierten.

4.2. Einfluß der Initialdichte auf die Vegetationsentwicklung

Die folgende Abbildung (Abb. 4) zeigt den erreichten Deckungsgrad im April 1995, eineinhalb Jahre nach Setzung der Rasensoden bzw. ein Jahr nach Aussaat und Jungpflanzensetzung.



Umsetzungsversuch

- 0 Kontrollfläche
- 1 1 Rasensode/qm
- 4 4 Rasensoden/qm
- 16 16 Rasensoden/qm

Auspflanzungsversuch

- 0 Kontrollfläche
- 1 8 Arten mit je 1 Pflanze/qm
- 5 8 Arten mit je 5 Pflanzen/qm (innerartliche Konkurrenz)
- 5g 8 Arten mit je 5 Pflanzen/qm (zwischenartliche Konkurrenz)

Aussaat

- 0 Kontrollfläche
- 1 7 Arten mit je 100 Samen/qm
- 2 7 Arten mit je 500 Samen/qm

Abb. 4: Einfluß der Initialdichte auf den Deckungsgrad

Der Grad der Gesamtdeckung wird durch Setzung von einer Sode/m² im Vergleich zur Kontrollfläche (ohne Beeinflussung) nur geringfügig erhöht (durchschnittliche Werte: Fläche IB Kontrolle 3 %, eine Sode/m² 5 %, Fläche IM Kontrolle 9 %, eine Sode/m² 16 %). Zu einer nachweisbaren quantitativen Steigerung im Bedeckungsgrad gelangt man erst durch Setzung von vier bzw. sechzehn Rasensoden/m² (durchschnittliche Werte: Fläche IB vier Soden/m² 12 %, 16 Soden/m² 35 %, Fläche IM vier Soden/m² 26 %, 16 Soden/m² 81 %). Dabei treten in den beiden Versuchsansätzen IM (5° geneigter Hangbereich) und IB (15° geneigt) deutliche Unterschiede auf. In den ersten eineinhalb Jahren etablierten sich in den weniger geneigten Teilflächen des Versuchsansatzes IM *Trifolium*-reiche Bestände. Die Deckungen bis zu 80 % (bei 16 Rasensoden/m²) bedeuten im Vergleich zum Ausgangsbestand eine Zunahme des Deckungsgrades auf das Fünffache! Auf dem steileren Hangbereich (Fläche IB) verläuft der Deckungszuwachs langsamer. Bei höchster Initialdichte erreichte die Gesamtdeckung 35 %, somit verdoppelte sich der Wert im Vergleich zu Versuchsbeginn.

Durch Aussaat von sieben Arten mit je 100 Samen/m² wird kaum eine quantitative Veränderung des ursprünglichen Zustandes erreicht (Kontrolle 5,4 %, geringe Initialdichte 5 % durchschnittliche Gesamtdeckung). Erst bei Ausbringung der fünffachen Menge erhöht sich der Deckungsgrad im Vergleich zu den Kontrollflächen auf das Doppelte (hohe Initialdichte 12 % Gesamtdeckung).

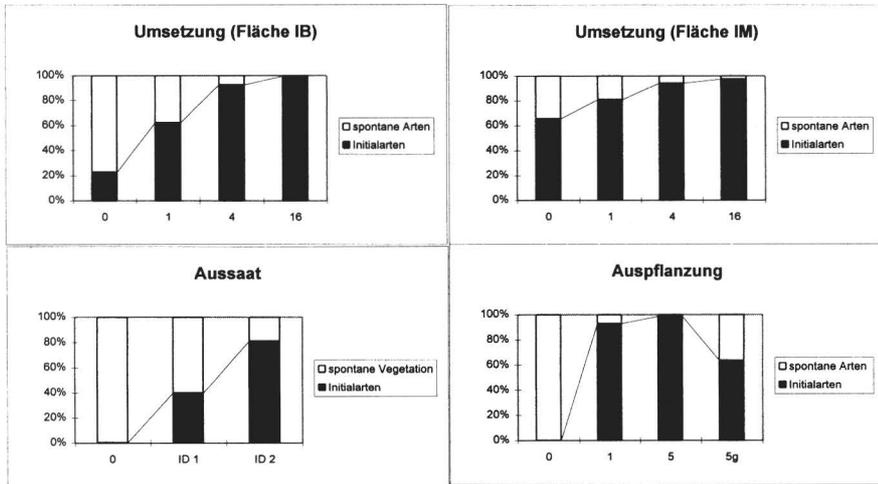
Bei einer zusätzlichen Testfläche mit einer breitwürfigen Aussaat eines überhöhten Samenangebotes der sieben Trockenrasenarten (Ausbringung von je 2-4 g/m²), bildete sich schon im ersten Jahr ein homogener, lückiger *Corynephorus canescens*-Rasen mit 25 % Deckung, der sehr effektiv die Erosion einschränkte. Die anderen Trockenrasenarten keimten nur sehr vereinzelt bzw. gar nicht. Da genügend offene Etablierungsnischen vorhanden sind, dürften sich aber schnell weitere Arten ansiedeln und die Fläche artenreicher gestalten. Denkbar für eine Artenanreicherung wäre auch eine Setzung von Jungpflanzen oder Rasensoden in den *Corynephorus*-Rasen.

Bei Pflanzung von acht Arten mit je einem Individuum pro m² sind die Veränderungen im Vergleich zu den Kontrollflächen sehr gering (Kontrolle 1 %, eine Pflanze/m² 2,5 % Gesamtdeckung). Bedeckungen von 10-15% werden allerdings erst bei Setzung von fünf Individuen pro Art und m² erreicht. Dabei erscheint eine Entwicklung in zwischenartlicher Konkurrenz vorteilhafter. Durch offensichtliche Nischeneffekte entwickeln sich die Individuen besser, es entsteht eine größere Strukturvielfalt innerhalb der artenreichen Tripel.

Werden nun die Anteile der Initial- und Spontanarten an der Gesamtdeckung aufgetragen, so ist eine lineare Abhängigkeit zwischen der Initialdichte und dem Initialartenanteil in den Versuchsvarianten Aussaat und Umsetzung erkennbar (vgl. Abb. 5).

In der Fläche IM stellen selbst bei geringer Initialdichte (ein und vier Rasensoden pro m²) die Initialarten (insbesondere die Leguminosen) einen hohen Anteil an der Gesamtdeckung, dadurch bedingt ist nur ein flacher Kurvenverlauf.

Bei etwas langsamerer, aber stetiger Entwicklung (Versuchsfläche IB, Aussaat) ist eine starke Beeinflussung durch Initialsetzung möglich, die umso größer wird, je mehr Initiale gesetzt werden (steiler Kurvenverlauf, Abb. 5). Somit können unerwünschte spontane Arten unterdrückt werden, insofern dies angestrebt wird.



Umsetzungsversuch

- 0 Kontrollfläche
- 1 1 Rasensode/qm
- 4 4 Rasensoden/qm
- 16 16 Rasensoden/qm

Auspflanzversuch

- 0 Kontrollfläche
- 1 8 Arten mit je 1 Pflanze/qm
- 5 8 Arten mit je 5 Pflanzen/qm (innerartliche Konkurrenz)
- 5g 8 Arten mit je 5 Pflanzen/qm (zwischenartliche Konkurrenz)

Aussaatversuch

- ID 1 7 Arten mit je 100 Samen/qm
- ID 2 7 Arten mit je 500 Samen/qm

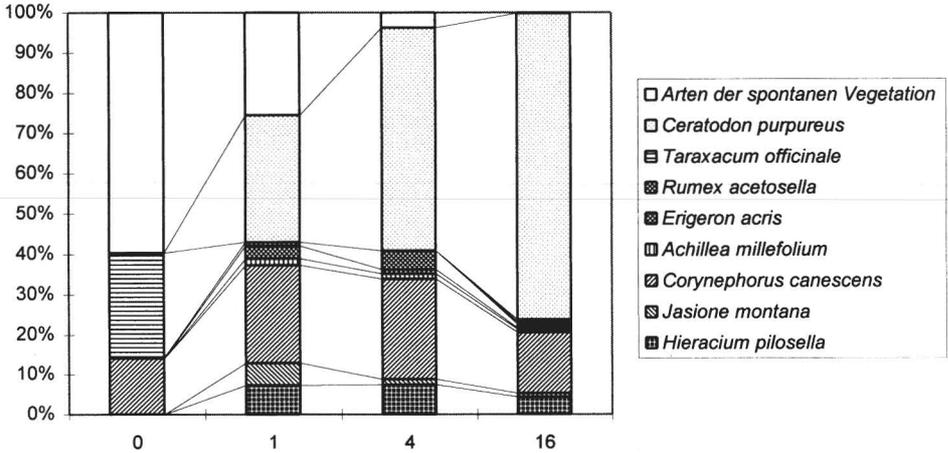
Abb. 5: Anteil der Initial- und Spontanarten an der Gesamtdeckung (April 1995)

4.3. Werden strukturelle Unterschiede im Vergleich zu Spontansukzessionsflächen erkennbar?

Im Umsetzungsversuch sind die Dominanzanteile der Arten bei den verschiedenen Initialdichten (vgl. Kap. 3.1) vergleichbar (Abb. 6). Unterschiede bestehen in den Anteilen der spontanen Arten, die aber bereits erläutert wurden. Es wurde deshalb in der Abb. 7 eine Variante herausgegriffen, für die die Dominanzverschiebung innerhalb der ersten Monate gezeigt wird.

Schon im Laufe des ersten Jahres ist eine Verschiebung der Dominanzverhältnisse auf den Versuchsf lächen im Vergleich zu den Mutterflächen erkennbar. Dominierte im Mutterbestand noch *Ceratodon purpureus* als typischer Vertreter eines älteren Entwicklungsstadiums, so kam es auf den Versuchsf lächen zu einer Strukturänderung, wobei Erstbesiedler wie *Corynephorus canescens*, *Hieracium pilosella* und Pionierarten der spontanen Vegetation dominant auftraten. Nur noch ein geringer Prozentsatz von 5 % (im Vgl. 65 % im Mutterbestand) wird durch Moose gedeckt.

April 1995



- 0 Kontrolle
 1 1 Rasensode
 4 4 Rasensoden
 16 16 Rasensoden

Abb. 6: Dominanzanteile eineinhalb Jahre nach Setzung (Fläche IB)

Vorteilhaft erwies sich in unseren Untersuchungen eine Umsetzung zu einem Zeitpunkt, an dem die Individuen reproduzierten (blühende bzw. fruchtende Arten im Juli 1993: z.B. *Corynephorus canescens*, *Trifolium arvense*, *T. campestre*, *Centaurea stoebe*, *Artemisia campestris*, *Jasione montana*, *Achillea millefolium*). Für die erfolgreiche Etablierung war aber die niederschlagsreiche Witterung in den ersten drei Folgemonaten bedeutend. Das ausgeglichene Verhältnis zwischen reproduktiven und sterilen Individuen sowie einem hohen Anteil an Keimlingen bleibt auch im zweiten Vegetationsjahr nach Umsetzung bestehen, während bei Aussaat und Auspflanzung noch ein sehr hoher Prozentsatz an sterilen Pflanzen anzutreffen ist und infolgedessen der Anteil an neuen Individuen (Keimlingen) noch fehlt (vgl. Abb. 8).

Unterschiedliche statistische Ansätze sollten die Ergebnisse der Versuchsansätze prüfen. Der qualitative Vergleich (SØRENSEN-Test) zeigt eine Artenübereinstimmung zur "Mutterfläche" (Bestände, aus denen die Rasensoden entnommen wurden) bis zu 65 % in den beiden Versuchsvarianten IB und IM (vgl. Abb. 9). Dabei spielt die Anzahl der Soden/m² auf der Fläche IB eine geringe Rolle (eine Sode/m² 40-58 %, vier Rasensoden/m² 42-60 %, 16 Rasensoden/m² 60-65 %). Die qualitative Veränderung zur Kontrollfläche hebt sich in allen drei Initialdichten deutlich hervor. Anders das Bild bei der Fläche IM.

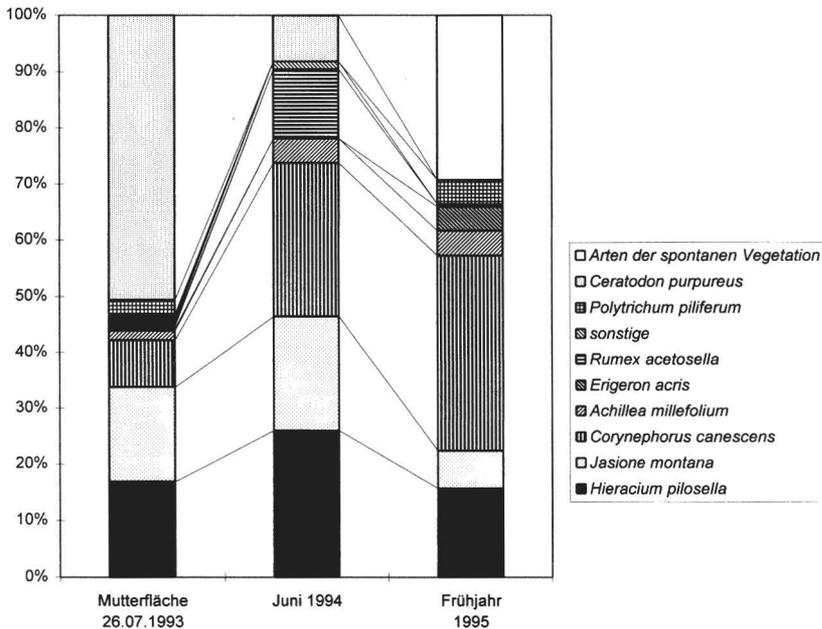


Abb. 7: Veränderung der Dominanzanteile innerhalb der ersten zwei Jahre (Fläche IB, 1er-Variante)

Hier ähnelt sich das Arteninventar zwischen Kontroll- und "Mutterfläche" schon zu 45-50 %, so daß der qualitative "Sprung" nur ca. 20 % beträgt (Variante eine und vier Rasensoden/m²). Der niedrige Wert von 42 % Ähnlichkeit der Variante 16 Rasensoden/m² weist auf den Artenrückgang durch die starke Konkurrenz der dominierenden Leguminosen für die anderen Arten hin.

Im quantitativen Vergleich (MOTYKA et al. 1950) sind ähnliche Trendlinien festzustellen, nur liegen die Werte bei maximal 20 %. Auffallend bei der Fläche IB ist die geradlinige Korrelation zwischen Initialdichte und Anstieg des Ähnlichkeitswertes nach MOTYKA, die bei Versuchsfläche IM nicht zu beobachten ist.

Da keine Normalverteilung in den einzelnen Initialdichten vorlag, wurde weitestgehend der U-Test durchgeführt (Tab. 1).

Signifikante Unterschiede werden in der Deckung der Spontanarten der Fläche IB nur zwischen Kontrollflächen und hoher Initialdichte erreicht. In der Fläche IM konnten nur statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Varianten eine und vier Rasensoden/m² festgestellt werden. In der Deckung der Initialarten sind die Werte schon bei mittlerer Initialdichte (vier Rasensoden/m²) signifikant bis hoch signifikant.

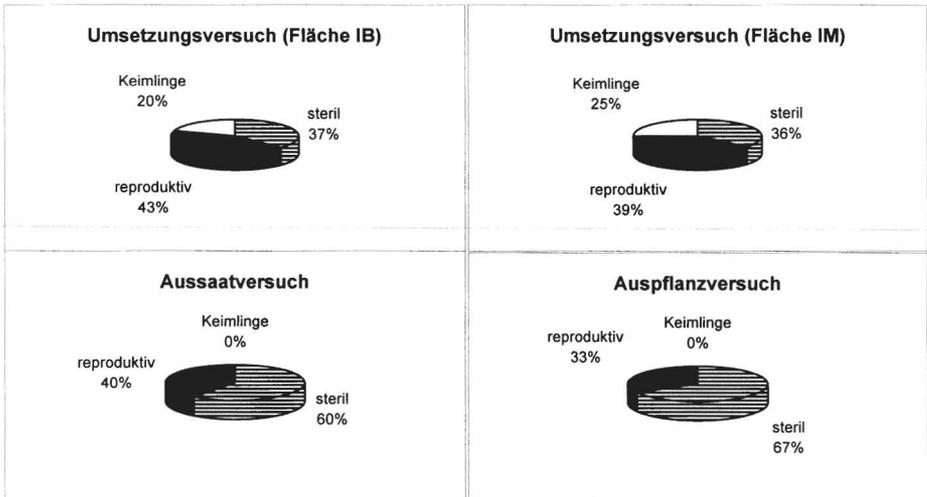


Abb. 8: Entwicklungsstadien der Initialarten (Vergleich der drei Methoden Umpflanzung, Aussaat und Auspflanzung)

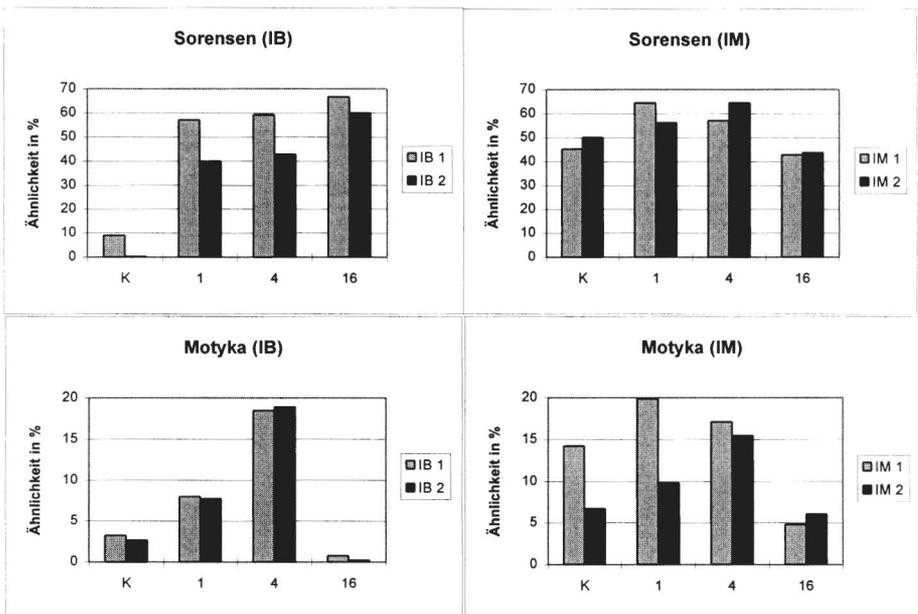


Abb. 9: Ähnlichkeitsindices nach SØRENSEN und MOTYKA für die Umsetzungsversuche

Fläche IB Gesamtdeckung spontane Arten					Fläche IB Gesamtdeckung Initialarten				
	Kontrolle	1 Rasensode / qm	4 Rasensode / qm	16 Rasensode / qm		Kontrolle	1 Rasensode / qm	4 Rasensode / qm	16 Rasensode / qm
Kontrolle	-	79,84%	2,81%	0,06%	Kontrolle	-	19,49%	0,02%	0,02%
1 Rasensode / qm	79,84%	-	13,04%	1,04%	1 Rasensode / qm	19,49%	-	0,7%	0,02%
4 Rasensode / qm	2,81%	13,04%	-	38,23%	4 Rasensode / qm	0,02%	0,7%	-	<0,1%*
16 Rasensoden / qm	0,06%	1,04%	38,23%	-	16 Rasensoden / qm	0,02%	0,02%	<0,1%*	-

Fläche IM Gesamtdeckung spontane Arten					Fläche IM Gesamtdeckung Initialarten				
	Kontrolle	1 Rasensode / qm	4 Rasensode / qm	16 Rasensode / qm		Kontrolle	1 Rasensode / qm	4 Rasensode / qm	16 Rasensode / qm
Kontrolle	-	87,8%	1,04%	38,23%	Kontrolle	-	32,8%	0,019*	0,02%
1 Rasensode / qm	87,8%	-	3,79%	57,37%	1 Rasensode / qm	32,8%	-	8,3%	0,02%
4 Rasensode / qm	1,04%	3,79%	-	10,49%	4 Rasensode / qm	0,019*	8,3%	-	0,02%
16 Rasensoden / qm	38,23%	57,37%	10,49%	-	16 Rasensoden / qm	0,02%	0,02%	0,02%	-


 0,05 > p > 0,01
 0,01 > p > 0,001
 p < 0,001
 Test auf Signifikanz zwischen den 4 Ansätzen:
 U-Test nach Mann & Whitney
 * da normalverteilte Werte, wurde der T-Test angewendet

Tab. 1: Signifikanz der Mittelwertsunterschiede im Gesamtdeckungsgrad der einzelnen Varianten auf den Versuchsflächen IB und IM

4.4. Welche Eigenschaften der Initialarten unterstützen eine erfolgreiche Etablierung auf diesem Versuchsstandort?

Zunächst muß die Anspruchslosigkeit an Wasser und Nährstoffe hervorgehoben werden. Doch für eine Entwicklung über ein Initialstadium hinaus sind wirksame generative und vegetative Etablierungs- und Ausbreitungsstrategien von Bedeutung. Dies soll nun an den zwei Arten *Hieracium pilosella* und *Corynephorus canescens* beispielhaft demonstriert werden.

Hieracium pilosella

Hieracium pilosella ist in der Lage, durch starke vegetative Ausläufer- und Rametenbildung von den Initialen aus die Zwischenräume zu besiedeln. So wurde in der Variante 2 der Jungpflanzensetzung (5 Pflanzen pro Art und m²) eine Rametenbildung von durchschnittlich 2,5 Rosetten pro Mutterpflanze gezählt. Auf den Flächen der Rasensodeneinbringung konnten sich sogar in 30cm Entfernung von der Mutterrasensode einige Tochterrosetten neu etablieren. Abb. 10 zeigt deutlich das Wachstum und die Entwicklung der Initiale bzw. ihre Ausbreitung in die Zwischenräume.

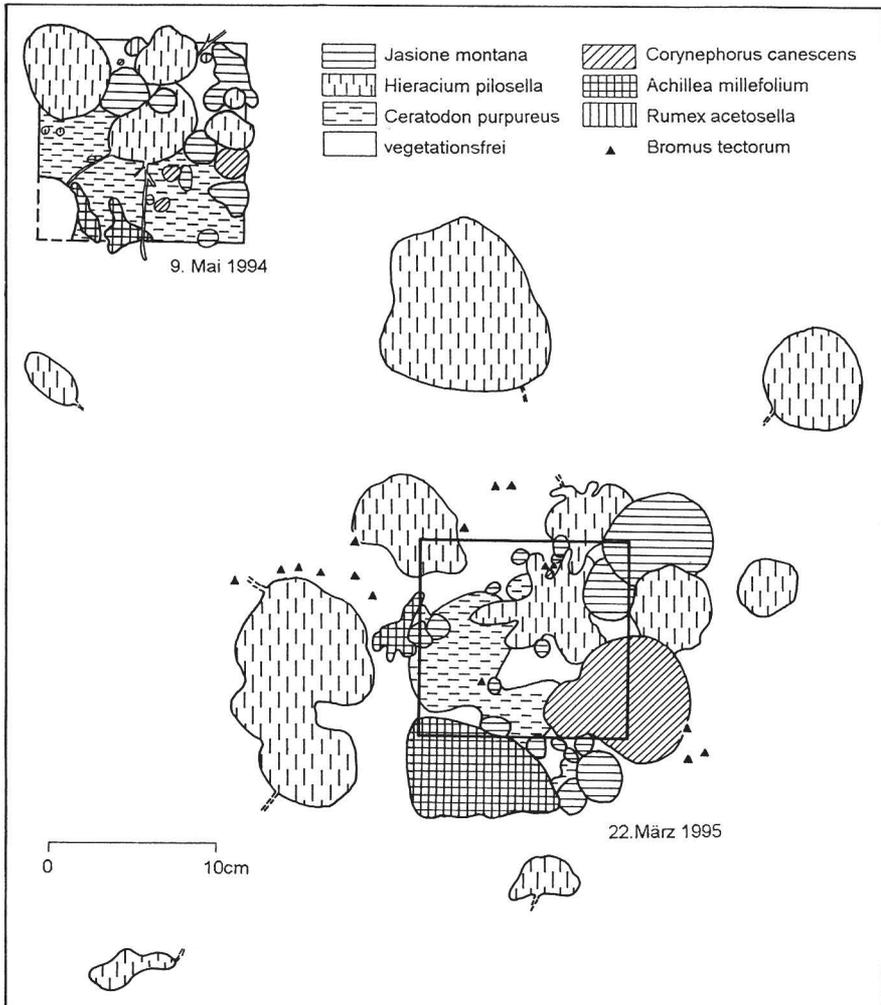


Abb. 10: Detaillierte Struktur einer Rasensode (9 bzw. 20 Monaten nach Setzung)

Corynephorus canescens

Die auf den Rasensoden vorhandenen *Corynephorus*-Horste überstanden die Umsetzung so gut, daß sie 1993 und 1994 reichlich fruchteten. Aufgrund des sich bildenden hohen generativen Potentials konnten schon im ersten Jahr in den Zwischenräumen der Initiale Keimlinge beobachtet werden. Zwar lag die Keimlingsmortalität in den Zwischenräumen bei 70-80%, aber 10-20cm große Horste³ sind in der Lage, bis zu 15300 Karyopsen pro Horst zu bilden, so daß sich über den Ersatz alter, abgestorbener Pflanzen hinaus ausreichend neue Horste etablieren können. Diese Erhebung paßt sich ein in Untersuchungen von SYMONIDES (1978), die über 2000 Karyopsen pro Pflanze (keine Größenangabe) zählte, während MARSHALL (1967), zitiert in SYMONIDES (1978), bis zu 36000 Karyopsen angibt. Vorteile gewinnt die Art bei der Erstbesiedlung von lockeren, bewegten Sandflächen durch ihre starke Bewurzelung und damit ihrer Fähigkeit, Böden mit geringen Wasserkapazitäten zu besiedeln. Ihre blattmorphologische Anpassung an standortgegebene Transpirationsverluste sowie die Besiedlungsnische bei niedrigen pH-Werten (Maximum bei 5,5-5,9) (RYCHNOWSKA-SOUDKOVA 1961) lassen diese Art für die Besiedlung der offenen Zwischenräume auf der stärker geneigten Fläche IB geeignet erscheinen.

Auf der Jungpflanzen- und Aussaatfläche kam die Art hingegen erst im zweiten Jahr zur Blüte und zum Fruchten, so daß das Einbringen von Rasensoden mit älteren Horsten die Besiedlung wesentlich beschleunigt.

5. Diskussion

Mittels experimenteller Ansätze sollte die Möglichkeit überprüft werden, ob Sukzessionen im Sinne einer naturnahen Vegetationsentwicklung lenkbar sind. Alle Methoden sind zunächst grundsätzlich geeignet, fehlende Arten (z.B. aufgrund fehlender Diasporenquellen) zu etablieren. Damit werden die Ergebnisse anderer Arbeitsgruppen bestätigt, die ähnliche positive Entwicklungen beschrieben (URBANSKA 1988, 1989, WOLF 1989, JOCHIMSEN 1984, SCHIECHTL 1973).

Unterschiede in Artenzusammensetzung und Dominanzverhältnissen zwischen Mutter- und Versuchsflächen wurden dahingehend deutlich, daß z. B. der Anteil der Moose zurückging und solche Arten mit effizientem vegetativen (z.B. *Hieracium pilosella*) bzw. generativen (*Trifolium arvense*, *T. campestre*, *Corynephorus canescens*) Ausbreitungsverhalten gegenüber weniger "schnellen" Arten an Vorsprung gewannen.

KLÖTZLI (1980) stellte bei Verpflanzungen von Streu- und Moorwiesen ebenfalls eine Artenverschiebung fest, wobei er einen "Verpflanzungsschock" und eine schnellere Nährstoffmineralisation verantwortlich macht.

Die Unterschiede zwischen den beiden Versuchsflächen IM und IB in den Gesamtdeckungen, den Anteilen an Initial- und Spontanarten begründen sich in der unterschiedlichen Artengarnitur der Initiale (Soden-Transplantate). Der anfangs geringe Anteil an *Leguminosen* der Fläche IM erhöhte sich stark (gute Etablierung und Fruchtansatz, starke Erhöhung des Vorkommens in der Samenbank, Zunahme der Individuen). Arten auf der Fläche IB entwickeln sich langsam und stetig, ohne daß eine Art aufgrund ihrer dominierenden Stellung andere unterdrückt (Arten mehr oder weniger "gleichberechtigt").

Der Vorteil bei einer Umsetzung von Teilstücken aus bereits etablierten Beständen besteht aus der Mitübertragung der Diasporenbank des Bodens, des Substrates (Feuchtigkeit, Feinwurzeln) sowie der Umsetzung reproduktionsfähiger Individuen (WOLF 1989, JITTLER-STRAHLENDORFF et NEUGEBOHRN 1989). Zudem war für eine erfolgreiche Etablierung die niederschlagsreiche Witterung in den ersten drei Folgemonaten bedeutend. Durch die Wahl eines günstigen Umsetzungszeitpunktes konnten sich die im Juli 1993 gesetzten Rasensoden erfolgreich etablieren (vgl. Kap. 4.3). So wurde innerhalb von zwei Jahren eine Verdopplung des Deckungsgrades der Initialarten erzielt. Die niedrigen MOTYKA-Werte weisen auf eine Verschiebung der Dominanzverhältnisse im Vergleich zur Ausgangsvegetation hin. Arten der frühen Sukzessionsstadien (z.B. *Corynephorus canescens*) können erwartungsgemäß ihren Anteil an der Gesamtdeckung erhöhen. Arten der späteren Sandtrockenrasenstadien (z.B. *Helichrysum arenarium*) können aber zumindest etabliert werden und stehen somit als Diasporenquelle für spätere Entwicklungen zur Verfügung.

MÜLLER (1990) beobachtete bei seinen Umsetzungsversuchen eines Kalkmagerrasens eine Verschiebung der Artenkombination, einen Rückgang der lichtliebenden Arten, der eine Sukzession in Richtung Fettwiese annehmen läßt. Trotz Pflegemaßnahmen (Mahd, anschließender Biomasseentzug) unterlagen die anspruchslosen Arten den nährstoffliebenden Fettwiesenarten.

Wir legten bei unseren Versuchen bewußt darauf Wert, nur eine Initialsetzung vorzunehmen sowie Standorte vergleichbaren Nährstoff- und Wasserangebotes sowie ähnlicher pH-Verhältnisse auszuwählen. Dadurch fanden die Sandtrockenrasenarten gute Etablierungsbedingungen. So lassen sich unserer Meinung nach diese vorangestellten negativen Effekte bei MÜLLER (1990) verhindern.

Längere Entwicklungszeiträume benötigen die Populationen, die durch Aussaat oder Jungpflanzen- setzung initiiert werden, da hier erst in der zweiten Vegetationsperiode bei den meisten Arten das generative Stadium erreicht wird. Eine sprunghafte Zunahme der Deckung wird durch Etablierung neuer Keimlinge somit in der dritten Vegetationsperiode erwartet. Während bei der Aussaat nur Pionierarten wie *Corynephorus canescens*, *Plantago arenaria* und *Centaurea stoebe* erfolgreich keimten und sich etablierten, konnten sich durch Setzung von Jungpflanzen alle Arten weiterentwickeln. Das starke Auflaufen und die hohen Etablierungsraten von *Centaurea stoebe* waren nicht zu erwarten, da sie von uns eher in ein späteres Entwicklungsstadium eingeordnet wurde. Es zeigte sich aber in den Versuchen, daß sie sich durchaus in bewegten, offenen Sandflächen ähnlich gut wie *Corynephorus canescens* etablieren kann. Empfindlich bei den Auspendlungsversuchen reagierten in den ersten drei Monaten *Helichrysum arenarium* (Absterberate 25 %), *Jasione montana* (Absterberate bis zu 60 %) und *Trifolium arvense* (Absterberate 35-75 %).

Für eine erfolgreiche Etablierung der Arten in die Zwischenräume kommt den populationsbiologischen Eigenschaften der Arten entscheidende Bedeutung zu. Sowohl eine hohe vegetative Ausbreitungsgeschwindigkeit (z.B. *Hieracium pilosella*) als auch eine generative Ausbreitungsstrategie (z.B. *Corynephorus canescens*, *Trifolium arvense* und *Trifolium campestre*) erweisen sich für eine rasche Besiedlung vorteilhaft und sollten bei der Art der Initialsetzung (als Einsaat, als Jungpflanze oder durch Rasensoden als generatives Individuum) beachtet werden. Bei der Untersuchung des Diasporenfalls und der Diasporenbank traten bei den einzelnen Methoden Unterschiede auf. Während sich bei den Umsetzungsversuchen der Anteil an Initialarten in der Diasporenbank und im Diasporenfall wesentlich erhöhte (vgl. Arten mit generativer Ausbreitungsstrategie), veränderte er sich im ersten Jahr auf der Aussaat- und Jungpflanzenfläche aufgrund weitestgehend ausbleibender Reproduktion der Initialarten nicht.

Erwartungsgemäß nimmt der Deckungsgrad auf den Versuchsflächen durch die höchste Initialdichte am deutlichsten zu, dennoch scheint der Aufwand bei Setzung von 16 Rasensoden/m² für eine praxisnahe Anwendung nicht geeignet. Die Anzahl der eingesetzten Rasensoden steigert außerdem nicht proportional die Entwicklung des Deckungsgrades auf den Versuchsflächen. Eine Erhöhung der Initialdichte von vier Rasensoden auf 16 Rasensoden/m² führt nur zu einer dreifachen Deckungszunahme. Gute Entwicklungsmöglichkeiten werden aber auch bei einer Initialdichte von vier bzw. einer Rasensode/m² erzielt. Die Setzung von vier Rasensoden pro m² ist nach unseren Beobachtungen die effektivste Methode, da sie einerseits zu einer deutlichen Beeinflussung sowohl der Erosion als auch der Vegetationsentwicklung führt. Zudem finden neue, eingetragene Arten noch genügend Nischen, um sich zu etablieren.

Letztlich sollten bei der Wahl der Methode von den territorial spezifischen Möglichkeiten und Zielstellungen ausgegangen werden (vgl. Tab. 2).

Initiale	Vorteile	Nachteile
<i>als Aussaat</i>	<ul style="list-style-type: none"> geringer Kosten- und Zeitaufwand bei der Initialsetzung große Flächen relativ kostengünstig zu gestalten 	<ul style="list-style-type: none"> hohe Keimlingsmortalität kann zu großen Verlusten führen, Verzögerung der Vegetationsentwicklung langer Entwicklungszeitraum bis zum Eintritt in reproduktive Phase (vgl. Kap. 4.3) Breitstellung autochthonen Saatgutes eventuell problematisch
<i>als Jungpflanzen</i>	<ul style="list-style-type: none"> Entwicklungsvorsprung in empfindlicher Phase (Keimung bis Jungpflanze) Wahl der Artenzusammensetzung möglich 	<ul style="list-style-type: none"> erhöhter Kosten- und Zeitaufwand durch Jungpflanzenanzucht große Flächen relativ kostenaufwendig zu gestalten
<i>als Rasensode</i>	<ul style="list-style-type: none"> hohes Artenspektrum mit unterschiedlichen Entwicklungsphasen (vgl. Abb. 8) Stammsohle = Etablierungsinsel („safe-sites“ - Schutzstellen) keine Aufwendungen zur Ansaat bzw. Aufzucht zusätzlicher Eintrag von Humus und Diasporen (vgl. Kap. 4.2) schneller Bestandesschluß (vgl. Abb. 4) 	<ul style="list-style-type: none"> relativ hoher Zeitaufwand bei Sodensetzung Artenzusammensetzung nur eingeschränkt wählbar eingeschränkte Verfügbarkeit potentiell geeigneter Entnahmestellen für Soden

Tab. 2: Vergleich der Methoden hinsichtlich ihrer Eignung für großflächige Gestaltungsmaßnahmen

6. Schlußfolgerungen

1. Prinzipiell ist bei geeigneter Standortwahl eine Etablierung von Sandtrockenrasenarten möglich. Dies zeigt die erfolgreiche Etablierung auf den meisten Untersuchungsflächen.

2. Die einzelnen Methoden zeigen spezifische Vor- und Nachteile, die entsprechend der Zielstellung berücksichtigt werden müssen (vgl. Tab. 2). Es muß daher bei der Auswahl der Methoden geklärt werden, ob langfristige Entwicklungszeiträume zur Verfügung stehen, oder ob eine kurzfristige "Begrünung" erreicht werden soll, ob ein höherer Artenreichtum von Anfang an angestrebt wird, oder das Entwicklungspotential der Fläche ausgeschöpft werden soll. Nicht zuletzt ist es eine Zeit-, Material- und Kostenfrage.
3. Durch Aussaat können hauptsächlich Arten der Pionierstadien etabliert werden. Erst in der zweiten Vegetationsperiode kommt es zur Blüten- und Fruchtbildung. Somit dauert der Prozeß bis zur Selbsterhaltung der Population länger als bei einer Umsetzung von Rasensoden.
4. Durch Setzung von Jungpflanzen können fast alle Trockenrasenarten etabliert werden. Auch sie erreichen erst im zweiten Jahr das Reproduktionsstadium.
5. Im Ergebnis der Untersuchungen scheint es für die Umsetzung in die Praxis sinnvoll, mit kombinierten Methoden zu arbeiten. Praxisrelevant wäre z.B. eine flächige *Corynephorus canescens*-Aussaat, die durch Rasensodensetzung oder Pflanzungen einzelner Arten ergänzt wird.

7. Zusammenfassung

BAURIEGEL, E.; MAHN, E.-G.; TISCHEW, S.: Initiierte Entwicklung von Sandtrockenrasen im Tagebaugebiet "Goitsche" bei Delitzsch. - *Hercynia N.F.* **30** (1996): 13-32.

Auf vegetationsfreien Böschungsstandorten des "Restloches Holzweißig - West" des ehemaligen Tagebaues "Goitsche" im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier (Länder Sachsen-Anhalt, Sachsen) wurden 1993 Versuchsflächen für experimentelle Pflanz- und Aussaatversuche angelegt und bis 1995 untersucht.

Durch unterschiedliche Initialsetzungen (Rasensodenversetzung, Pflanzungen, Aussaaten) wurde versucht, die Etablierung autochthoner Arten vergleichbarer Sandtrockenrasenstandorte zu fördern. Unter Veränderung der Parameter Initialdichte, Artenzusammensetzung, Substrate und Böschungswinkel sollten Grundlagen für eine beschleunigte, aber naturnahe Vegetationsentwicklung erarbeitet werden.

Die Ergebnisse gestatten Aussagen zur Etablierung der untersuchten Arten unter verschiedenen biotischen und abiotischen Bedingungen. Über Diasporenfallen wurde das Ausbreitungsvermögen von Arten der Umgebung analysiert und ihr Etablierungsverhalten auf den Versuchs- und Kontrollflächen diskutiert.

Bei den Rasensodenexperimenten änderte sich der Anteil einiger dominanter Arten, besonders solcher, wie *Corynephorus canescens* und *Hieracium pilosella*, die sich schon im ersten Jahr auf den offenen Freiflächen ausbreiteten. Durch Aussaat oder Auspflanzung initiierte Populationen benötigten einen längeren Zeitraum für ihre Entwicklung, da das generative Stadium nicht vor dem zweiten Jahr erreicht wurde.

Für eine Anwendung in der Praxis ist der Einsatz kombinierter Methoden der Initialsetzung vorzuschlagen, um die Vorteile der verschiedenen Methoden sinnvoll auszunutzen und so möglichst vielen Sandtrockenrasenarten Etablierungsmöglichkeiten zu gewährleisten. Eine solche Möglichkeit besteht z.B.

in der gleichzeitigen Aussaat von *Corynephorus canescens* und der Transplantation von Rasensoden oder der Auspflanzung ausgewählter Arten.

8. Literaturverzeichnis

- FISCHER, A. (1987): Untersuchungen zur Populationsdynamik am Beginn von Sekundärsukzessionen. Vol. 110, p. 233, Diss. Bot.
- JANASEK, E. (1995): Untersuchungen zur gezielten Beeinflussung der Sukzession durch Aussaat- und Auspflanzversuche auf Böschungsstandorten im Braunkohlentagebau "Goitsche" bei Delitzsch. - Diplomarbeit Univ. Halle.
- JITTLER-STRAHLENDORFF, M.; NEUGEBOHRN L. (1989): Untersuchungen zum Einfluß schwerer Verölungen des Deichvorlandes auf die Möglichkeit und Durchführbarkeit schneller Rekultivierungen von Pflanzenbeständen mittels unterschiedlicher Verfahren. - Seevögel, Z. Ver. Jordsand 10(3): 33-40.
- JOCHIMSEN, M. (1984): Natürliche Begrünung auf Bergehalden. - Kolloquium über technisch-ökologische Untersuchungen zu Fragen der Rekultivierung von Bergehalden. Kommunalverband Ruhrgebiet: 87-109.
- JOCHIMSEN, M.; HARTUNG, J.; FISCHER, I. (1995): Spontane und künstliche Begrünung der Abraumhalden des Stein- und Braunkohlenbergbaus. - Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 7: 69-88.
- KLÖTZLI, F. (1980): Zur Verpflanzung von Streu- und Moorwiesen. - In: Akad. f. Natursch. u. Landschaftspfl. Laufen/Salzbach: Ausbringung von Wildpflanzen. Tagungsbericht 5/80: 41-50.
- MAHN, E.-G.; TISCHEW, S. (1995): Spontane und gelenkte Sukzessionen in Braunkohlentagebauen - eine Alternative zu traditionellen Rekultivierungsmaßnahmen? - Verh. Ges. Ökol. 24: 585-592.
- MOTYKA, J.; DOBRZANSKI, S.; ZAWADZKI, S. (1950): Preliminary studies on meadows in the south-east of the province Lublin. - Ann. Univ. Mariae Curie-Sklodowska, Sectio E 5(13): 367-447.
- MÜLLER, N. (1990): Die Entwicklung eines verpflanzten Kalkmagerrasens. Erste Ergebnisse von Dauerflächenbeobachtungen in einer Lechfeldhaide. - Natur u. Landsch. 65(1): 21-27.
- PASSARGE, H. (1960): Zur soziologischen Gliederung binnenländischer Corynephorus-Rasen im nordost-deutschen Flachland. - Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg 98-100: 113-124.
- ROTHMALER, W. (1988): Exkursionsflora für die Gebiete der DDR und der BRD. - Band II: Gefäßpflanzen. Hrsg.: SCHUBERT, R.; WERNER, K., Berlin.
- RYCHNOWSKA-SOUDKOVA, M. (1961): *Corynephorus canescens* (L.) P. BEAUV. (Physiologisch-ökologische Studie einer Pflanzenart.). - Rozpr. Českoslov. Akad. Ved. 71(8): 1-80.
- SCHIECHTL, H. M. (1973): Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau. - München.
- SYMONIDES, E. (1978): Seed bank in old-field successional ecosystems. - Ecol. Polska 34(1): 3-29.
- THUM, J.; WÜNSCHE, M.; FIEDLER H. J. (1992): Rekultivierung im Braunkohlenbergbau der östlichen Bundesländer. - In: Rosenkranz, D. (Hrsg.): Bodenschutz 10: 1-38.

- URBANSKA, K. M. (1988): High altitude revegetation research in Switzerland - problems and perspectives. - Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich **53**: 64-90.
- URBANSKA, K. M. (1989): Probleme des Erosionsschutzes oberhalb der Waldgrenze. - Z. Vegetationstechnik **12**(1): 25-30.
- WOLF, G. (1989): Probleme der Vegetationsentwicklung auf forstlichen Rekultivierungsflächen im Rheinischen Braunkohlenrevier. - Natur u. Landsch. **64**(10): 451-455.
- ZÖFEL, P. (1988): Statistik in der Praxis. - 2. Aufl. Stuttgart.

Manuskript angenommen: 21. Mai 1996

Anschriften der Verfasser: Dipl.-Biol. Elke Bauriegel, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Lehrstuhl für Allgemeine Ökologie, Karl-Marx-Str. 17, D-03044 Cottbus

Prof. Dr. E.-G. Mahn, Institut für Geobotanik und Botanischer Garten der M.-Luther-Universität Halle, Neuwerk 21, D-06108 Halle

Dr. Sabine Tischew, Institut für Geobotanik und Botanischer Garten der M.-Luther-Universität Halle, Neuwerk 21, D-06108 Halle