

Spontane und künstliche Begrünung der Abraumhalden des Stein- und Braunkohlenbergbaus

– Maren Jochimsen, Joachim Hartung und Ingo Fischer, Essen –

Abstract

Mining of coal and lignite interferes with the landscape. Colliery spoil is heaped up in the country, and excavation of lignite swallows forests which results in devastated areas. In both cases the waste material seems to be hostile to plants. Although site conditions, especially soil texture, may vary, vegetation development is usually hampered by sufficient water and nutrient supply, and often the substrate becomes acid when ageing.

As the interest in pioneer communities has been low, there are only few quantitative reports about their composition. Despite the harsh site conditions natural succession ends in a forest, now a *Betulo-Quercetum*. Man tries to establish woodlands by immediate recultivation, using all kinds of woody species, but with little success. The plantations do not develop a real herb layer, an attribute of a natural forest ecosystem. Therefore seed mixtures of grasses and legumes have to be sown in order to substitute it. While considering both ecology and economy recultivation accomplished according to natural succession by sowing ruderal species adapted to the site and composed in conformity with phytosociology (*Dauco-Melilotion*) seems to be more reasonable, because this kind of vegetation does not need any management and guarantees further development.

1. Einleitung

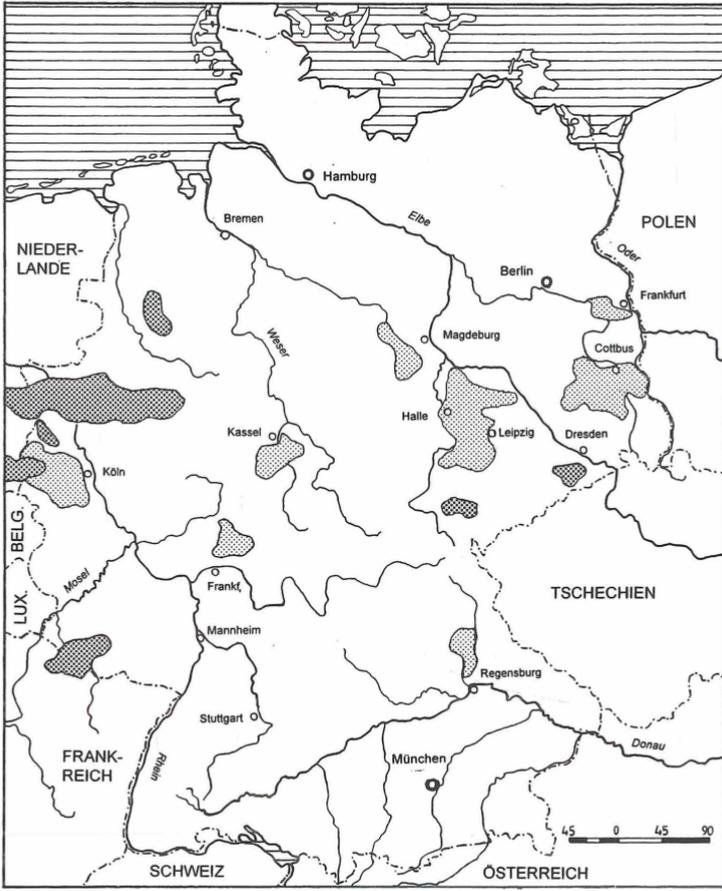
Die alternative Bewegung – zurück zur Natur – breitet sich aus. Man beginnt einerseits zu erkennen, daß die Mißachtung natürlicher Prozesse und Gesetze Katastrophen nach sich ziehen kann und andererseits nicht mehr die ökonomischen Mittel zur Verfügung stehen, um die entstandenen und immer wieder entstehenden Schäden zu beseitigen. Mit einer Flut von Begriffen – Rekultivierung, Restaurierung, Revitalisierung, Sanierung, Begrünung – versucht man, der Lage Herr zu werden, ohne aber dabei die Vorstellung „der Mensch als Macher“ fallen zu lassen.

Ein sehr sensibler Bereich sind jene Landschaften, die durch den Bergbau zerstört wurden. – Im Ruhrgebiet, einem durch Industrie und Bergbau stark in Mitleidenschaft gezogenen Raum, wurde schon früh die Forderung laut: „Der schwarze Berg muß weg!“ Der Mangel an Grün, die Beeinträchtigung durch Stäube und in angrenzende Schrebergärten abrutschende Gesteinsmassen verursachten Unbehagen und waren bzw. sind natürlich Folgen einer fehlenden Pflanzendecke. Es hat jedoch nicht an Maßnahmen – die heute in vieler Hinsicht als fragwürdig erscheinen – gefehlt, diese zu installieren. An den Fehlschlägen sind die Vegetationskundler allerdings nicht ganz unschuldig, denn ihr Interesse galt selten den Rohböden und Brachländern mit ihren Pioniergemeinschaften.

2. Abbaugelände und Abbaubedingungen

Die Bildung der Steinkohle erfolgte im oberen Karbon (320-285 Mill. Jahre v.h.) am nördlichen Rand des sich hebenden variskischen Gebirges. Die Vortiefe wurde wiederholt vom

Meer überflutet, so daß in dem warm-feuchten Klima eine üppige Sumpfwaldvegetation entstehen konnte. Diese paralischen Vorkommen erstrecken sich von England über Belgien nach Schlesien und beinhalten die abbauwürdigsten Steinkohlegebiete. Zu ihnen gehören das Aachener Revier und das Zentrum der Steinkohlenförderung am Niederrhein und in Westfalen. Abbauwürdige limnische Vorkommen – sie entstanden in Senken und Gräben, die durch die Bewegung des Gebirges verursacht wurden – finden sich vor allem in Ostdeutschland, so zum Beispiel im Saale- und Erzgebirgsbecken (Abb.1).



 **Steinkohle**  **Braunkohle**

Abb. 1: Hauptabbaugebiete von Stein- und Braunkohlen in der Bundesrepublik Deutschland.

Der Abbau der Steinkohle setzte bereits im frühen Mittelalter ein. Anfangs wurden nur kleine Löcher (Dingen) oder Gräben ausgehoben, um den Bedarf an Hausbrand zu befriedigen. Später folgten kleine Schächte (Pütt), und erst im 16. Jahrhundert ging man zum Stollenbau über. Das bei der Kohleförderung anfallende taube Nebengestein wurde am Stollen- oder Schachtmund aufgeschlagen. Doch die Problematik der Bergeaufhaltung begann erst, als der Bedarf an Kohle zur Verhüttung von Eisen und Stahl anstieg und die Technik soweit fortgeschritten war, daß auch die nach Norden immer tiefer einfallenden Flöze abgebaut werden konnten. Zur Zeit beträgt der Berganteil bis zu 50 Prozent der Rohförderung. Das waren

1989 im Ruhrgebiet 50,3 Millionen Tonnen, von denen 71 Prozent auf Halde gekippt wurden. Diese Zahlen machen den Umfang des Problems deutlich.

Zu Beginn der Kohlenförderung waren es noch viele kleine Halden, die sich entweder im Wald versteckten oder an vorhandene Hänge anlehnten, so daß sie kaum auffielen. Später wurden spitze, kegelförmige Halden aus wechselnden Materialien und mit äußerst steilen Böschungen geschüttet; eine Folge des Transportsystems mit Hilfe von Förderbändern (noch heute im Aachener Raum). Terrassierte Tafelberge entstanden erst, als der Abraum auf dem Schienenweg mit Loren, heute mit Schwerlastern über z.T. weite Wege, verbracht wurde und wird. Bei den Bergehalden der 3. Generation, den sogenannten Landschaftsbauwerken, wird nun darauf geachtet, daß sie weniger hoch und steil sind und sich in ihrer Form mehr der Landschaft anpassen, womit der Geländebedarf wegen der größeren Grundflächen allerdings beträchtlich steigt.

Die Entstehung der Braunkohle fällt in das Tertiär (55 – 5 Mill. Jahre v. h.). Ähnlich wie bei der Steinkohle entwickelten sich in randlichen Meeresbuchten und limnischen Senkungsgebieten Sumpfwälder und Moore, die aber nicht nur der zunehmenden Klimaverschlechterung zum Opfer fielen, sondern auch von Sedimenten überdeckt wurden, die infolge der Gebirgsbildung anfielen. Die wichtigsten Abbaugebiete liegen in der Niederrheinischen Bucht, in den hessischen Senken und in Ostdeutschland, vor allem in der Lausitz, der Leipziger Tieflandsbucht sowie im Thüringer und subherzynischen Becken (Abb.1).

Bei der Braunkohle setzte der vorindustrielle Abbau nahezu überall am Ende des 17. Jahrhunderts ein. Der Wechsel vom normalen zum Tieftagebau erfolgte um 1950 mit Hilfe von Schaufelradbaggern, und er zog nicht nur weitreichende ökologische, sondern auch sozio-ökonomische Folgen nach sich. Da im Gegensatz zur Steinkohle bei der Braunkohle zuerst das Deckgebirge abgeräumt werden muß, besteht ein sehr großer Flächenbedarf. Während der Oberboden – häufig Löß – in Westdeutschland gesondert gelagert wurde, um ihn später wieder zu verwenden, verschwand er im Osten aufgrund des Einsatzes überdimensionaler Förderbänder, sogenannter Absetzer, unter den Sanden und Kiesen, die abgekippt werden mußten. Zurück blieben weite, inhomogene Mischkippen mit übergroßen Rippenbögen und Restlöcher. Der Flächenverbrauch – es handelte sich um Wälder! – betrug bis zum Jahr 1988 im Kreis Hoyerswerda 12 000 ha, im benachbarten Senftenberg (Lausitz) 16 200 ha.

Der klimatische Einfluß auf die Vegetationsentwicklung ist unbestritten. Während der Westen Deutschlands ozeanisch geprägt ist – ihn zeichnen ausgeglichene Jahrestemperaturen mit geringen Extremwerten (mittlere Jahrestemperatur 17° C) und eine gleichmäßige Niederschlagsverteilung (600-700 mm) aus – weist der Osten dagegen ein eher kontinentales Klima auf. Hier treten größere Temperaturschwankungen, sowohl im Tages- als auch im Jahresgang, sowie geringere Niederschläge auf. Lokalklimatische Abweichungen stehen vor allem mit dem jeweiligen Relief in Zusammenhang. Bezüglich der Bergehalden muß noch erwähnt werden, daß sich hier aufgrund der besonderen geomorphologischen und petrographischen Bedingungen ein eigenes Kleinklima entwickelt (HORBERT & SCHÄPEL 1991).

3. Standorteigenschaften der Abraummaterialien

Die Fähigkeit eines Substrats, sich spontan zu begrünen bzw. durch entsprechende Maßnahmen seitens des Menschen begrünt zu werden, hängt wesentlich von seinem petrographischen Charakter ab. Fest- und Lockergesteine liefern grundsätzlich andere Voraussetzungen für die Bodenbildung als bereits tiefgründig verwittertes Material. Hinzu kommen Temperatur und Niederschlag, die während der Vegetationsperiode einen entscheidenden Einfluß auf die Entwicklung von Pioniergesellschaften ausüben, und das Angebot an geeigneten Diasporen.



Abb. 2: Verwitterndes Bergmaterial.

3.2 Standort Kippe

Die bei der Braunkohlenförderung anfallenden tertiären und quartären Lockergesteine weisen nicht nur ein unterschiedliches Alter auf, sondern sie liefern, abgesehen von den Schottern, aufgrund ihrer geringen und variierenden Korngrößen auch verschiedene Bodenarten. Während Sande und Kiese (Abb.3) – sie überwiegen bei den tertiären Ablagerungen – leicht rutschen und nur eine geringe Wasserkapazität besitzen, zeichnen sich die vor allem aus dem Quartär stammenden Löß, Mergel und Lehm durch das Gegenteil aus (Tab.1).

Auch bodenchemisch gesehen bestehen entscheidende Unterschiede, denn die tertiären Sedimente – entstanden aus z.T. umgelagerten, silikatreichen Verwitterungsprodukten – besitzen wegen ihrer schlechten Sorptionseigenschaften nur eine geringe Basensättigung. Außerdem führt der Gehalt an schwefelhaltigen Mineralien zu extrem niedrigen pH-Werten, sobald sie mit Sauerstoff in Kontakt kommen. In der Niederlausitz setzt sich das Deckgebirge im wesentlichen aus tertiären, schwefelhaltigen Schluffen, Tonen, Sanden und Kiesen mit einem Gesamtschwefelgehalt bis zu 8,7% zusammen. Diese negativen Eigenschaften sind allerdings bei den bindigen Substraten (vorwiegend kaolinhaltig) etwas gemildert. Bei den quartären Sanden liegen Nährstoffgehalt, Kationenaustauschkapazität und Wasserstoffionenkonzentration dagegen im mittleren Wertbereich. Im Fall von bindigen Substraten können sie sich aufgrund des höheren Kalkgehalts verbessern.

Trotz der geringen Humusanteile und des nahezu fehlenden mikrobiellen Besatzes – was sowohl für die tertiären als auch für die quartären Schüttungen gilt – sind die Standortbedingungen für Pflanzen auf letzteren als günstiger zu beurteilen. Das ändert sich jedoch im Verlauf des Alterungsprozesses, weil der Boden durch Sackungen verdichtet. Unter der Voraussetzung, daß die Sedimente nicht in umgekehrter Reihenfolge abgekippt werden, stehen nach der Vorfeldbereinigung natürlich auch gewachsene Böden zur Verbesserung der Substrate zur Verfügung. Es sind dies im Westen Parabraunerden, im mitteldeutschen Revier

Schwarzerden, Auenböden aber auch Fahlerden, während die podsolierten Braunerden und Pseudogley-Braunerden in Süddeutschland aufgrund jahrhundertelanger Nutzung keine verwertbaren Mutterbodenauflagen besitzen.



Abb. 3: Kippenmaterial

4. Natürliche Vegetationsentwicklung auf Abraumhalden

Trotz der recht unterschiedlichen Quellenlage – es gibt kaum Dauerbeobachtungsflächen, und in den wenigsten Fällen existieren verlässliche Vegetationsaufnahmen und exakte Standortsangaben – kann man jedoch davon ausgehen, daß sich Bergematerial ohne Zutun des Menschen begrünt (UNGEWITTER 1954, ANTOCH 1963, BARTLING & STRAUB 1987). Es bedarf allerdings einer gewissen Zeit – im Ruhrgebiet 40-60 Jahre – bis sich ein Birken-Eichenwald, ein *Betulo-Quercetum*, oder im günstigsten Fall ein Buchen-Eichenwald (*Fago-Quercetum* – Muttental) entwickelt hat (HURTIENNE 1990).

Aus den meisten Vegetationsbeschreibungen geht allerdings nicht eindeutig hervor, ob es sich wirklich um spontan entstandene oder gepflanzte Waldungen handelt. Bei fehlender Krautschicht, was selbst für arme, aber natürliche Waldökosysteme eher ungewöhnlich ist, kann man meistens davon ausgehen, daß eine Pflanzung vorliegt. Diese Erscheinung hängt ursächlich mit dem erhöhten Konkurrenzdruck um die nur oberflächennah verfügbaren Ressourcen zusammen, denn sie tritt vor allem bei den flachwurzelnenden Birken, aber auch bei Robinien und anderen Baumarten auf. Hinzu kommt natürlich die Schattenwirkung eines mehr oder weniger geschlossenen Kronendaches, und damit verbunden, der erschwerte Eintrag von Diasporen.

Bei fast allen untersuchten Haldenstandorten dürfte die natürliche Sukzession jedoch durch teilweise Anpflanzungen beeinflusst worden sein. Übereinstimmend wird aber berichtet, daß die pflanzliche Besiedlung erst mehrere Jahre nach der letzten Schüttung einsetzt. SCHIECHTL (1964) spricht in ungünstigen Fällen von Jahrzehnten, KOSMALE (1989) von 1-15

Jahren, je nach Exposition und Neigung. Die Ursachen werden in den extremen Standortfaktoren gesucht, wobei Schuttsetzung, Erosion bzw. Deflation und Austrocknung eine wesentliche Rolle spielen. Lediglich WÜNSCHE (1963) bemerkt, daß zwischen den Pionierarten der Halde und der Flora der näheren und weiteren Umgebung ein wesentlicher Unterschied besteht. Es ist also nicht gleichgültig, in welchem Umfeld sich die Halde befindet. Sind die geeigneten Arten, und es handelt sich zuerst um Annuelle, in der Nähe verfügbar, dann setzt die Begrünung schnell ein. Die Sukzession verläuft in den einzelnen Abbaugebieten in ähnlicher Weise, d.h. es handelt sich immer um relativ anspruchslose Arten mit einer weiten ökologischen Amplitude. Unterschiede, wie sie aufgrund klimatischer Verhältnisse für die Besiedlung von Trümmerschutt (SVR 1968) im Raum Westfalen und für Berlin berichtet wurden, treten nicht auf. Lediglich die Rolle der Moose wird widersprüchlich beschrieben. WÜNSCHE (1963) bezeichnet Moose und Flechten (im Erzgebirgsbecken) als wichtige Pioniere, während ZEITZ (1965) sie für das Ruhrgebiet aufgrund ihrer Empfindlichkeit gegenüber Luftverunreinigungen für bedeutungslos hält. Übereinstimmend wird jedoch festgestellt, daß die Besiedlung von Mulden, Rinnen oder Hangfüßen ausgeht, weil hier eine wasserhaushaltsmäßig günstigere Situation herrscht. Es darf aber auch nicht übersehen werden, daß hier aufgrund von eingeschwemmtem Feinmaterial und eingewehtem Detritus gleichzeitig ein höheres Nährstoffangebot vorliegt. Von diesen Stellen breitet sich die Vegetation schließlich langsam aus. Eine ähnliche Aufgabe können aber auch „Ammenpflanzen“ übernehmen.

Die beiden folgenden Tabellen (Tab. 2 und 3) fassen jene auf Stein- und Braunkohlenabraum auftretenden Pionierarten zusammen, die in der Literatur genannt werden (HANF 1939, BEER 1955/56, BAUER 1963, WÜNSCHE 1963, ZEITZ 1965, SCHIECHTL 1967, ASMUS 1987, BARTLING & STRAUB 1987, KOSMALE 1989, HURTIENNE 1990). Um die unterschiedlichen Angaben zu relativieren, wurde zu presence/absence-Daten übergegangen und nur die dominierenden Arten aufgeführt, zumal es den Anschein hat, als wären sie häufig allein berücksichtigt worden. Trotz der unsicheren Ausgangslage könnte man aufgrund der hier vorgelegten Übersicht vermuten, daß Steinkohlenberge eine wesentlich einheitlichere Artengarnitur aufweisen als das Kippenmaterial, was nicht zuletzt mit der unterschiedlichen Textur des Substrates zusammenhängen dürfte. Ob die Daten auch für eine geographische Differenzierung sprechen, muß dahingestellt bleiben. Der Versuch einer pflanzensoziologischen Zuordnung der durch diese Arten repräsentierten Vegetation wäre ebenso gewagt. Und es gibt, mit Ausnahme von ASMUS (1987), auch keinen Autor, der ihn unternimmt. Um wenigstens eine grobe Klassifizierung zu erreichen, wurde der Vergleich der beiden Substrate mit Hilfe pflanzensoziologischer Zeigerwerte (ELLENBERG 1992) durchgeführt, in Kauf nehmend, daß hier möglicherweise unterschiedliche Entwicklungszustände, aber auch Substrate subsummiert werden. Während in den Säulendiagrammen (Abb. 4) noch lokale Unterschiede zum Ausdruck kommen, wird an den Kreisdiagrammen (Abb. 5), die auf den errechneten Mittelwerten beruhen, deutlich, daß sich Stein- und Braunkohlenhalden, obwohl es sich in beiden Fällen um Rohböden handelt, in ihrer Vegetation dennoch unterscheiden.

Bei den Kippen (Abb. 5) fällt der überragende Anteil von Vertretern der „krautigen Vegetation oft gestörter Plätze“ (im Mittel 55%) auf, während sie auf den Bergehalden vor allem in den industriebetonten Gebieten (Abb. 4) eine Rolle spielen. Ein weiteres wesentliches Merkmal der beiden Standorte besteht in den unterschiedlichen Anteilen von Arten der „Laubwälder und verwandten Gesellschaften“ sowie der „waldnahen Staudenfluren und Gebüsche“. Dabei stellt das Bergematerial mit einem Anteil von durchschnittlich 23%, gegenüber 5% auf den Kippen, seine Waldfähigkeit eindeutig unter Beweis; ein für die Rekultivierung wesentlicher Gesichtspunkt. Die für die Arten der „Anthropo-zoogenen Heiden und Wiesen“ und für die indifferenten Arten errechneten Anteile weisen dagegen keine Unterschiede auf.

Tab. 2: Arten der Steinkohlenabbaugebiete.

Arten	Saar-Nahe- becken	Aachen- Erkelenz	Niederrhein- Westfalen	Erzgebirgs- becken	Stetigkeit
<i>Agrostis tenuis</i>	x	x	x	x	4
<i>Epilobium angustifolium</i>	x	x	x	x	4
<i>Echium vulgare</i>	x	x	x		3
<i>Conyza canadensis</i>		x	x	x	3
<i>Tussilago farfara</i>		x	x	x	3
<i>Holcus lanatus</i>	x		x	x	3
<i>Deschampsia flexuosa</i>	x		x	x	3
<i>Poa annua</i>	x		x	x	3
<i>Athyrium filix-femina</i>	x		x	x	3
<i>Hieracium laevigatum</i>			x	x	2
<i>Hieracium pilosella</i>	x		x		2
<i>Artemisia vulgaris</i>	x		x		2
<i>Taraxacum officinale</i>	x		x		2
<i>Poa nemoralis</i>	x		x		2
<i>Verbascum lychnitis</i>	x		x		2
<i>Teucrium scorodonia</i>	x		x		2
<i>Picris hieracioides</i>	x	x			2
<i>Achillea millefolium</i>	x	x			2
<i>Rumex acetosella</i>			x	x	2
<i>Dryopteris filix-mas</i>			x	x	2
<i>Senecio viscosus</i>		x	x		2
<i>Chrysanthemum vulgare</i>		x	x		2
<i>Sonchus asper</i>		x	x		2
<i>Cirsium vulgare</i>		x	x		2
<i>Cirsium arvense</i>		x	x		2
<i>Matricaria maritima</i>		x	x		2
<i>Oenothera biennis</i>		x	x		2
<i>Festuca rubra</i>		x	x		2
<i>Epilobium montanum</i>		x		x	2
<i>Urtica dioica</i>		x		x	2
<i>Poa pratensis</i>		x		x	2
<i>Dactylis glomerata</i>	x			x	2
<i>Agrimonia eupatoria</i>	x				1
<i>Linaria vulgaris</i>	x				1
<i>Senecio fuchsii</i>	x				1
<i>Senecio jacobaea</i>	x				1
<i>Hypochoeris radicata</i>	x				1
<i>Hieracium sylvaticum</i>	x				1
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	x				1
<i>Lotus corniculatus</i>	x				1
<i>Hypericum elegans</i>	x				1
<i>Geum urbanum</i>	x				1
<i>Viola odorata</i>	x				1

Fortsetzung Tab. 2

Arten	Saar-Nahe- becken	Aachen- Ertelenz	Niederrhein- Westfalen	Erzgebirgs- becken	Stetigkeit
<i>Fragaria vesca</i>	x				1
<i>Glechoma hederacea</i>	x				1
<i>Meililotus officinalis</i>	x				1
<i>Oenothera parviflora</i>	x				1
<i>Senecio inaequidens</i>		x			1
<i>Lactuca serriola</i>		x			1
<i>Arrhenatherum elatius</i>		x			1
<i>Daucus carota</i>		x			1
<i>Verbascum densiflorum</i>		x			1
<i>Sisymbrium altissimum</i>		x			1
<i>Oenothera glazioviana</i>		x			1
<i>Solidago gigantea</i>			x		1
<i>Diplotaxis tenuifolia</i>			x		1
<i>Hypericum perforatum</i>			x		1
<i>Eupatorium cannabinum</i>			x		1
<i>Festuca ovina</i>			x		1
<i>Poa compressa</i>			x		1
<i>Poa palustris</i>			x		1
<i>Reseda lutea</i>			x		1
<i>Anagallis arvensis</i>			x		1
<i>Cerastium caespitosum</i>			x		1
<i>Sagina procumbens</i>			x		1
<i>Epilobium tetragonum</i>			x		1
<i>Salsola kali</i>			x		1
<i>Equisetum arvense</i>			x		1
<i>Centaurea jacea</i>			x		1
<i>Hieracium sabaudum</i>				x	1
<i>Hieracium umbellatum</i>				x	1
<i>Holcus mollis</i>				x	1
<i>Poa trivialis</i>				x	1
<i>Anthoxanthum odoratum</i>				x	1
<i>Calamagrostis epigejos</i>				x	1
<i>Campanula rotundifolia</i>				x	1
<i>Lysimachia vulgaris</i>				x	1

Tab. 3: Arten der Braunkohlenabbaugebiete

Arten	Niederrhein 1 tonig	Niederrhein 2 grobkiesig	Niederrhein 3 kiesig-sandig	Hessen lehmig	Halle/Saale 1 Mischsubstrat	Halle/Saale 2 kiesig	Halle/Saale 3 tonig	Stetigkeit
<i>Tussilago farfara</i>	X			X	X	X		4
<i>Agropyron repens</i>	X	X		X	X	X	X	5
<i>Polygonum aviculare</i>		X	X	X	X	X	X	6
<i>Calamagrostis epigejos</i>		X	X	X	X	X	X	6
<i>Senecio vulgaris</i>		X	X	X	X	X		5
<i>Poa annua</i>			X	X	X	X	X	4
<i>Cirsium arvense</i>		X		X	X	X	X	5
<i>Equisetum arvense</i>		X		X	X	X	X	5
<i>Convolvulus arvensis</i>		X		X	X	X		4
<i>Epilobium angustifolium</i>		X	X	X		X		4
<i>Arenaria serpyllifolia</i>		X		X		X		3
<i>Artemisia vulgaris</i>		X		X	X			3
<i>Polygonum persicaria</i>		X		X	X			3
<i>Dactylis glomerata</i>			X	X	X			3
<i>Daucus carota</i>				X	X	X		3
<i>Achillea millefolium</i>				X	X	X		3
<i>Rumex crispus</i>				X	X	X		3
<i>Sonchus arvensis</i>				X	X	X		3
<i>Sonchus asper</i>				X	X	X		3
<i>Taraxacum officinale</i>				X	X	X		3
<i>Plantago major</i>					X	X		2
<i>Sisymbrium altissimum</i>					X	X		2
<i>Capsella bursa-pastoris</i>					X	X		2
<i>Trifolium repens</i>				X	X			2
<i>Epilobium collinum</i>				X	X			2
<i>Plantago lanceolata</i>				X	X			2
<i>Mentha arvensis</i>				X	X			2
<i>Lathyrus tuberosus</i>				X	X			2
<i>Raphanus raphanistrum</i>				X	X			2
<i>Potentilla anserina</i>	X			X	X			3
<i>Hieracium spec.</i>				X		X		2
<i>Senecio jacobaea</i>				X		X		2
<i>Carduus acanthoides</i>				X		X		2
<i>Matricaria maritima</i>				X		X		2
<i>Carduus nutans</i>				X		X		2
<i>Senecio vernalis</i>				X		X		2
<i>Lactuca serriola</i>				X		X		2
<i>Salsola kali</i>						X	X	2
<i>Melilotus alba</i>						X	X	2
<i>Galeopsis tetrahit</i>		X		X				2
<i>Sonchus oleraceus</i>		X		X				2
<i>Crepis tectorum</i>		X			X			2
<i>Galium aparine</i>		X			X			2
<i>Hypericum perforatum</i>		X			X			2
<i>Juncus effusus</i>	X							1
<i>Juncus glaucus</i>	X							1
<i>Polygala vulgaris</i>	X							1
<i>Carex leporina</i>	X							1

Fortsetzung Tab. 3

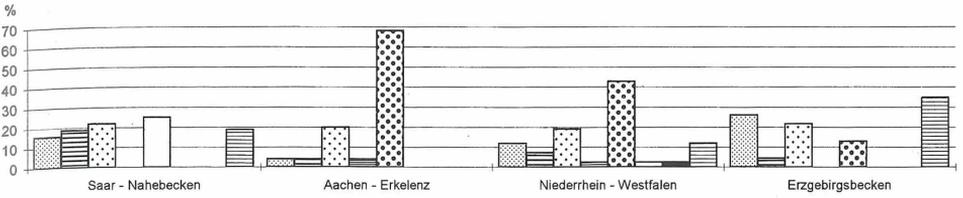
Arten	Niederrhein 1 tonig	Niederrhein 2 grobkiesig	Niederrhein 3 kiesig-sandig	Hessen lehmig	Halle/Saale 1 Mischsubstrat	Halle/Saale 2 kiesig	Halle/Saale 3 tonig	Stetigkeit
Equisetum palustre	x							1
Molinia caerulea	x							1
Equisetum maximum	x							1
Epipactis palustris	x							1
Potentilla reptans	x				x			2
Melandrium album		x						1
Conyza canadensis		x						1
Stellaria media		x						1
Sarothamnus scoparius		x						1
Oenothera biennis		x						1
Poa trivialis		x						1
Vulpia myuros		x						1
Echium vulgare		x						1
Epilobium lamyi		x						1
Arrhenatherum elatius			x					1
Senecio viscosus			x					1
Viola hirta				x				1
Phleum pratense				x				1
Lathyrus pratensis				x				1
Rumex acetosa				x				1
Vicia cracca				x				1
Prunella vulgaris				x				1
Sanguisorba minor				x				1
Melilotus officinalis				x				1
Chrysanthemum vulgare				x				1
Glechoma hederacea				x				1
Carduus crispus				x				1
Epilobium hirsutum				x				1
Papaver argemone				x				1
Apera spica-venti				x				1
Centaurea cyanus				x				1
Alopecurus myosuroides				x				1
Aethusa cynapium				x				1
Stachys arvensis				x				1
Cichorium intybus				x				1
Campanula rotundifolia				x				1
Chrysanthemum leucanthemum				x				1
Consolida regalis				x				1
Lupinus luteus				x				1
Medicago sativa				x				1
Poa spec.				x				1
Rubus spec.				x				1
Symphytum officinale				x				1
Holcus mollis					x			1
Senecio sylvaticus					x			1
Arabidopsis thaliana					x			1
Stachys palustris					x			1
Erigeron acer					x			1

Fortsetzung Tab. 3

Arten	Niederrhein 1 tonig	Niederrhein 2 grobkiesig	Niederrhein 3 Kiesig-sandig	Hessen lehmig	Halle/Saale 1 Mischsubstrat	Halle/Saale 2 kiesig	Halle/Saale 3 tonig	Stetigkeit
<i>Pilularia globulifera</i>					X			1
<i>Hieracium silvaticum</i>					X			1
<i>Solidago canadensis</i>					X			1
<i>Urtica dioica</i>					X			1
<i>Cirsium vulgare</i>					X			1
<i>Agrostis stolonifera</i>					X			1
<i>Molinia recutita</i>					X			1
<i>Vicia tetrasperma</i>					X			1
<i>Vicia hirsuta</i>					X			1
<i>Luronium natans</i>					X			1
<i>Bromus sterilis</i>					X			1
<i>Chenopodium polyspermum</i>					X			1
<i>Matricaria perforata</i>					X			1
<i>Polygonum hydropiper</i>					X			1
<i>Epilobium tetragonum</i>					X			1
<i>Epilobium parviflorum</i>					X			1
<i>Festuca spec.</i>					X			1
<i>Bromus mollis</i>					X			1
<i>Erigeron spec.</i>					X			1
<i>Rumex acetosella</i>					X			1
<i>Solanum dulcamara</i>					X			1
<i>Vicia angustifolia</i>					X			1
<i>Inula conyza</i>						X		1
<i>Crepis biennis</i>						X		1
<i>Cerastium caespitosum</i>						X		1
<i>Lepidium ruderales</i>						X		1
<i>Sisymbrium loeselii</i>						X		1
<i>Atriplex sagittata</i>						X		1
<i>Hordeum murinum</i>						X		1
<i>Bromus arvensis</i>						X		1
<i>Diploaxis muralis</i>						X		1
<i>Puccinellia distans</i>						X		1
<i>Aster tripolium</i>							X	1

Die weitere Vegetationsentwicklung folgt einer gewissen Standortdifferenzierung, woran Bodenbildung, Humusanreicherung und Austrocknung beteiligt sind. Es wird von Phasen und Stadien gesprochen, ASMUS (1987) nennt auch Assoziationen und wieder andere (ANTOCH 1963) nur ranglose Gemeinschaften, die als ruderales Trockenrasen in die *Festuco-Brometea* oder als Schuttgesellschaften in die *Artemisietea* gestellt werden. Einigkeit herrscht dann wieder in bezug auf die beobachtete Endgesellschaft, einen Vorwald aus Birke, Salweide und Zitterpappel. HURTIENNE (1990) beschrieb den Entwicklungsgang, wie er sich ihm aufgrund der Analyse von 32 natürlich begrünter Halden für das Ruhrgebiet darstellte, JOCHIMSEN (1982 a u. b, 1987) zeigte für das gleiche Gebiet auf, daß die Sukzession auch an dem gleitenden Wechsel von Artengruppen (n. ELLENBERG 1992) deutlich wird, bei dem die Vertreter der krautigen Vegetation oft gestörter Plätze von denen der anthropo-zoogenen Heiden und Rasen abgelöst werden und Arten der walddahen Staudenfluren und Gebüsche sowie der Laubwälder sich langsam einfinden.

Steinkohlenhalden



Braunkohlenhalden

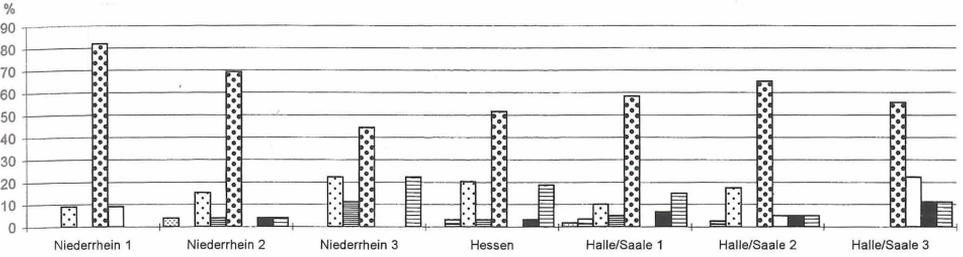
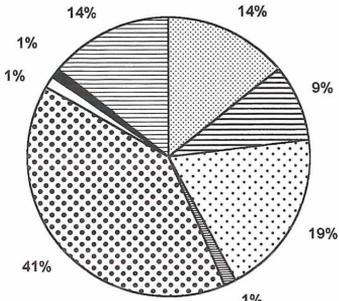
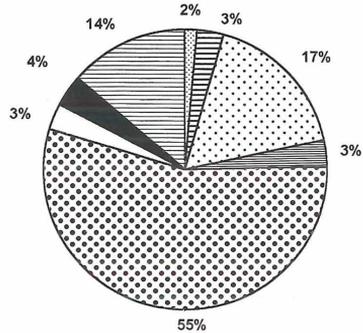


Abb. 4: Prozentuale Verteilung der soziologischen Artengruppen (nach Ellenberg 1992) auf Stein- und Braunkohlenhalden in Abhängigkeit vom Abbaugbiet (Grundlage Tab. 2); Legende s. Abb. 5.

Steinkohlenhalden



Braunkohlenhalden



-  Laubwälder u. verwandte Ges.
-  Waldnahe Staudenfluren u. Gebüsche
-  Anthropo-Zoogene Heiden u. Wiesen
-  Steinfuren und Alpine Rasen

-  Krautige Vegetation off gestörter Plätze
-  Salzwasser- und Meerstrandvegetation
-  Süßwasser- und Moorvegetation
-  indifferente Arten

Abb. 5: Unterschiede in der Artenzusammensetzung der Pioniervegetation auf Stein- und Braunkohlenhalden (Grundlage Tab. 2; Mittelwerte in Prozent).

5. Künstliche Begrünung von Abraum aus der Kohlenförderung

Der Begriff Rekultivierung trifft im Grunde genommen weder für den Abraum aus der Stein- noch aus der Braunkohlenförderung zu, da beide Substrate bisher keine Pflanzendecke getragen haben. Ausnahmen bilden nur jene Fälle, in denen der Oberboden beim Tagebau gesondert gelagert wurde, um ihn später bei der Übererdung wiederzuverwenden. Unter Rekultivierung werden jedoch heute alle Maßnahmen zusammengefaßt, die dazu dienen, unvermeidbare Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft auszugleichen, d.h. zu verringern oder gar zu beseitigen. Dieser Auftrag ist durch das Bundesnaturschutzgesetz gegeben, und damit wird die Rekultivierung des Abraums aus der Kohlenförderung, wenn nicht schon ökologisch sinnvoll, so doch vom Gesetz her zwingend. Die Ursachen für die verzögerte Selbstbegrünung liegen in beiden Fällen auf der Hand; es sind dies vor allem die schlechte Wasserkapazität und der Nährstoffmangel der Substrate sowie das Fehlen von geeigneten Diasporen. Sie gilt es zu überwinden, und die Anzahl entsprechender Versuche ist Legion. Die Zielsetzung in der land- und forstwirtschaftlichen Rekultivierung unterscheidet sich im Grunde nicht. Zum einen geht es um die Steigerung der Bodenfruchtbarkeit, um stabile Erträge, zum anderen um den Erhalt einer hohen Holzproduktion. Landschafts- und waldökologische Aspekte gewinnen erst in letzter Zeit an Bedeutung.

5.1 Rekultivierung des Braunkohlenabraums

Die Rekultivierung des Abraums aus der Braunkohlenförderung beginnt mit einer Grundmelioration, dem Auftrag von kulturfähigem Material in unterschiedlichen Mächtigkeiten (bis zu 3 m). Am Niederrhein dient dazu der gesondert in den Tagebauen gewonnene Löß (1-2 m). Bevor jedoch die landwirtschaftliche Nutzung einsetzen kann, ist eine mechanische Bearbeitung zur Auflockerung des Bodens und eine hohe mineralische (besonders NPK und z.T. Mg) und organische Grunddüngung (in fester oder flüssiger Form) notwendig. Auch pflanzenbauliche Maßnahmen wirken sich meliorativ auf die Bodenstruktur aus, wobei vor allem verschiedene Leguminosen (Luzerne, Steinklee, Bokharaklee), aber auch Wintergetreide und Raps eingesetzt werden. Solange der Rekultivierungsprozeß nicht abgeschlossen ist – und die Meinungen über seine Dauer gehen auseinander – bleiben Hackfrüchte und Gemüse vom Anbau ausgeschlossen. Unter extremen, d.h. kulturfelndlichen Bedingungen kann jedoch, zumindest nach einer Kalkmelioration, eine extensive Grünlandbewirtschaftung durchgeführt werden.

Rekultivierung wird aber seit langer Zeit vor allem als Aufgabe der Forstwirtschaft verstanden. Es ist daher nur folgerichtig und im Hinblick auf die potentiell natürliche Vegetation der gesamten Landschaft auch verständlich, daß Bäume gepflanzt wurden und werden. Die Erkenntnis, daß ein weitreichendes Wurzelsystem die Erosion verhindert und außerdem die Verwitterung, und damit die Bodenbildung, beschleunigt, wurde allerdings bisher nur auf Holzpflanzen bezogen. Eine hohe Bestockungsdichte – gepflanzt wurde und wird in ziemlich engen Abständen (durchschnittlich 1x1 m); in der Niederlausitz beträgt die Entfernung der Sämlinge voneinander nicht einmal 20 cm – sollte aber auch lokalklimatische Verbesserungen nach sich ziehen, d. h. Winde und Temperaturextreme mildern, von denen besonders die Bergehalden betroffen sind. Der dadurch entstehende und unter den herrschenden Bedingungen gravierende Konkurrenzdruck wurde – aus vegetationskundlicher Sicht – nicht ausreichend berücksichtigt.

Die Entwicklung der forstlichen Rekultivierung ist für das Rheinische Braunkohlenrevier ausführlich dokumentiert (DILLA & MÖHLENBRUCH 1989). Die älteste Maßnahme datiert zwar aus dem Jahr 1766 und wurde mit Erlen durchgeführt, aber die systematische Aufforstung begann erst um 1920. In der Experimentierphase (1920-1950) legte man auf ebenen Flächen

und unterschiedlichem Bodenmaterial Reihenmischbestände und großflächige Monokulturen einzelner Baumarten (Roteiche, Kiefer) an, wobei auf Erfahrungen aus dem mitteldeutschen Raum zurückgegriffen wurde. Diese Kulturen, Pflanzungen wie Saaten, waren jedoch sehr schädlingsanfällig. Es gibt aber noch heute Buchen-Eichenmischbestände, die aus dem Jahr 1928 stammen (südlich des Villenhofer Maars). An den Böschungen arbeitete man jedoch mit der wurzelintensiven Robinie. In der zweiten Periode erfolgte der Pionier- bzw. Vorwaldbau wegen erheblicher Rekultivierungsrückstände während des Krieges mit Erle und Pappel im 3x3 m-Verband. Sie erhielten eine Lupinen-Untersaat, um das Bodengemisch aufzuschließen und mit Humus anzureichern. Heute werden diese Pflanzungen umgewandelt. Seit 1959/60 bringt man die Endbestandsholzarten dagegen direkt als Mischwald in das sogenannte kulturfähige Substrat ein. Dieser „Forstkies“ stellt ein Mischsubstrat aus diluvialen Kiesen, Sanden, (Schottern) und Löß (ca. 20%) dar und ist von Seiten der Bergbaubehörde (LOBA) vorgeschrieben. Seine bodenphysikalische Struktur begünstigt den Wasserhaushalt, garantiert eine tiefe Durchwurzelung und ermöglicht, auch aufgrund des guten Nährstoff- und Kalkgehaltes (pH 6,5-7,0) den direkten Anbau aller heimischen Laubholzarten (DILLA & MÖHLENBRUCH 1989). Als Richtschnur für die Zusammensetzung der artenreichen Waldkomplexe und forstwirtschaftlich gestalteten Grünzonen dienen die natürlichen Waldgesellschaften (Carpineten, Fageten), was jedoch mit einer Lupinen-Untersaat und über 60 verschiedenen Baum- und Straucharten (DILLA & MÖHLENBRUCH: 125 Arten) kaum in Einklang zu bringen ist. Auch Nadelhölzer (Schwarzkiefer, europ. Lärchen, Douglasien, Omorikafichten) werden nach wie vor angebaut, um eine günstige Altersstrukturierung (60-80 Jahre) und eine nachhaltige Waldwirtschaft zu erhalten. Ebenso kann auf Pappeln als Ammengeholze nicht verzichtet werden. – Da WITTIG et al. (1985) ebenso wie NAGLER & WEDECK (1993) feststellten, daß sich in den Forsten auch nach mehreren Jahrzehnten keine naturnahe Krautschicht einfand, wurde auf der Kippe Sophienhöhe versucht, diese durch Auftrag eines aus einem Altwald stammenden humosen Oberbodens zu etablieren (WOLF 1987). Diese Maßnahme ließ sich sozusagen mit der Erkenntnis von FISCHER (1987), daß für die Entwicklung der Krautschicht in den Wäldern die Samenbank ausschlaggebender ist als der Sameneintrag, bestätigen. Der Versuch erfolgte bei gleichzeitiger Pflanzung von standortgemäßen und einheimischen Hölzern (*Fagus*, *Carpinus*, *Tilia cordata*, *Quercus robur* im Verband 120x80 cm), wobei die Entwicklung der Krautschicht unter der Bedingung „mit oder ohne Waldboden“ untersucht wurde (WOLF 1989). Die bisherigen Ergebnisse zeigen, daß die Annuellen im 3. Jahr von ausdauernden Arten abgelöst werden. Während die Ackerwildkräuter und Ruderalpflanzen auf den Flächen ohne Waldboden dominieren, treten Schlagpflanzen und Arten mesophiler Laubmischwälder fast ausschließlich auf den Parzellen mit Waldboden auf. Hier erscheint auch das Wachstum der Forstpflanzen deutlich gefördert. Die Entwicklung der Artenzahlen verläuft jedoch gegenseitig, d.h. auf den Flächen ohne Waldbodenauftrag nimmt die Zahl zu, dort, wo übererdert wurde, jedoch ab. Ob dieses Verfahren trotz seines ökologischen Ansatzes letztendlich die Lösung bringen wird und kann, scheint fraglich. Woher sollen die Mengen notwendigen Waldbodens kommen, und was wird aus jenen Beständen, aus denen sie stammen, vorausgesetzt, es handelt sich nicht um Wälder, die im Zuge der Vorfeldbereinigung geschlagen werden müssen. Bei der Bodengewinnung und dem Auftrag wird das Material außerdem durchmischt und die Samenbank verdünnt, ganz davon abgesehen, daß die Diasporen häufig in tiefere Lagen verfrachtet werden, in denen sie nicht mehr keimen können.

5.2 Rekultivierung des Steinkohlenabraums

Bei der Rekultivierung der Bergehalden beschränkte man sich zunächst ebenfalls auf „Pioniere“ wie Birke, Robinie, Erle (*Alnus glutinosa* et *incana*) und Pappel. Dann erfolgte jedoch ein allmählicher Wechsel zu einem gemischten Anbau mit Dauerholzarten, wobei Einheimische neben Exoten standen und stehen. Nadelhölzer kamen dagegen, mit Ausnahme der

Schwarzkiefer, wegen ihrer Immissionsempfindlichkeit nicht in Betracht. Den artspezifischen Standortansprüchen wurde wenig Rechnung getragen, so daß es nicht verwundert, wenn die Ausfallquote eher bei 80 denn bei 10% lag.

Um diesem Problem zu begegnen, wurden die Pflanzlöcher mit einem Bodengemisch gefüllt, was in der Folge zum sogenannten Blumentopfeffekt führte, weil die Wurzeln aufgrund des hier vorhandenen günstigeren Wasser- und Nährstoffangebots „im Kreise“ wuchsen und nicht in das Bergematerial eindringen. Auch die vollständige Übererdung des Haldenkörpers mit einem sogenannten kulturfähigen Substrat, meist sandiger Lehm, in einer zwischen 5-200 cm schwankenden Mächtigkeit (derzeit bergrechtliche Vorschrift), brachte wenig Abhilfe, denn nun setzte vermehrt Erosion ein. Um sie zu verhindern bzw. weitgehend einzuschränken, wurde ein Gräser-Leguminosen-Gemisch als Untersaat eingeführt, obwohl gerade die Gräser, vor allem bei Forstleuten, als Antagonisten der Bäume gelten und im trockenen Zustand die Brandgefahr erhöhen. Stickstoff wird heute dagegen bereits in beträchtlichen Mengen über die Luft zugeführt. Es hat sich aber auch gezeigt, daß diese Arten später durch jene ersetzt werden (PÖSER 1989), derer sich eine pflanzensoziologisch orientierte Methode von Anfang an bedient. Daneben wurde mit Anspritzverfahren (SCHIECHTL 1967) und textilen Matten versucht, die Halden zu begrünen und die Erosion zu verhindern.

Aus der Erfahrung mit alpinen Primärsukzessionen, deren bodenphysikalische und bodenchemische Charakteristika eine gewisse Übereinstimmung mit denen der Steinkohlenbergehalden aufweisen, wuchs die Erkenntnis, daß die Anwendung vegetationskundlicher bzw. pflanzensoziologischer Grundsätze bei der Begrünung dieser Standorte eher zum Erfolg verhelfen würde (JOCHIMSEN 1987, 1991 a). TÜXEN hatte bereits 1965 Grundlagen für Rekultivierungsmaßnahmen in Tagebaugebieten publiziert, die aber grundsätzlich für die Begrünung von Rohböden gelten sollten. Er machte dabei deutlich, daß die Entwicklung einer Pflanzendecke umso schneller, sicherer, dauerhafter und kostengünstiger gelänge, je sorgfältiger dabei die Naturgesetze beachtet und je mehr neben empirischen Erfahrungen sichere theoretische



Abb. 6: Halde Waltrop: Nach dem Muster der natürlichen Sukzession und unterschiedlichen Behandlungen entwickelte Vegetation (1.Periode, 1987).

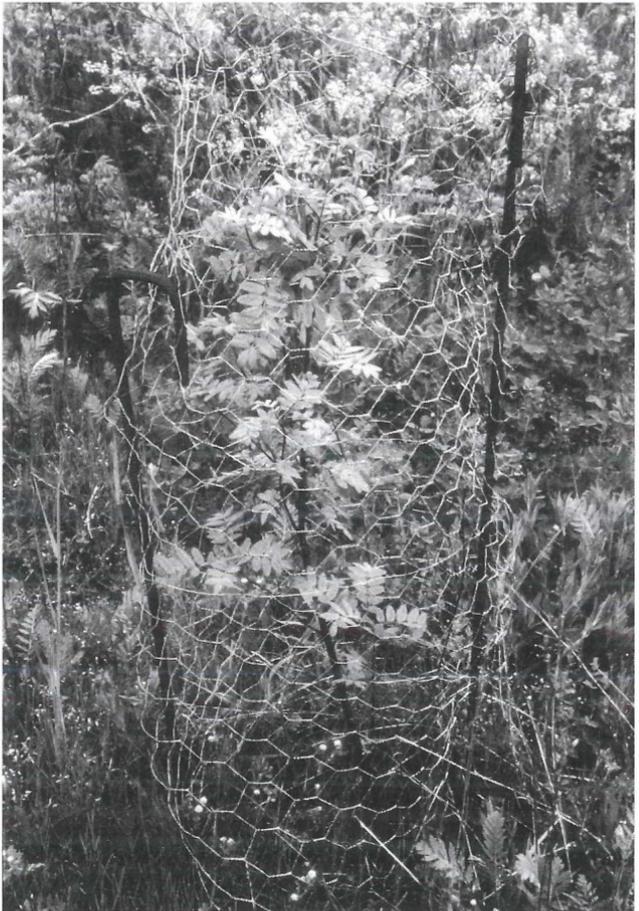


Abb. 7/8: Halde Waltrop: Nach 6 Jahren künstlich eingebrachte Gehölze. Eiche gesät; Eberesche gepflanzt.

Gesichtspunkte die Arbeit leiten würden. Er formulierte Gesetze für das Zusammenleben der Pflanzen in Gesellschaften und warnte davor, sich allein auf die Erfahrungen der Land- und Forstwirtschaft zu verlassen. Diese Mahnungen brachten jedoch außer schriftlich dokumentierten Willensbekundungen wenig.

Seit 1980 wird im Ruhrgebiet auf den Steinkohlenbergehalden (und anderen Technosolen) mit mehreren, z.T. großmaßstäblichen Versuchen (1 ha) nachgewiesen, daß die Begrünung von Rohböden nach dem Muster der natürlichen Sukzession (JOCHIMSEN 1991) schnell zu einer geschlossenen Pflanzendecke führt, die, den herrschenden Witterungsbedingungen während der Vegetationsperiode entsprechend, in 2-3 Jahren den Wert eines Ersatzbiotops (JOCHIMSEN 1991 b) erreicht. Diese Leistung wird einzig und allein durch Pionierpflanzen, Ruderalarten aus dem Verband des *Dauco-Melilotion*, die in frisch geschüttetes Bergematerial eingesät werden, vollbracht. Die Entwicklung kann durch Zugabe von Dünger und gegebenenfalls einer Beregnung im 1. Jahr beschleunigt werden. Inzwischen, d.h. nach 6 Jahren, wachsen in dieser Vegetation von Hand eingebrachte Setzlinge (Abb. 7 und 8) sukzessionskonformer Holzarten (*Quercus robur*, *Salix caprea*, *Sorbus aucuparia*, *Crataegus monogyna*, *Rosa canina*). Ein Wald (wie von Gutachtern bemängelt) konnte noch nicht entstehen, aber alle negativen Effekte der branchenüblichen Begrünungsmaßnahmen entfallen. Die autochthone Bodenbildung hat aufgrund der dichten Pflanzendecke bereits mit einer deutlichen Humifizierung eingesetzt, während die Bildung der sekundären Tonminerale, als weiteren Sorptionsträgern, auf den unbehandelten Flächen immer noch aussteht. Aus ökologischer wie aus ökonomischer Sicht scheint diese Art der Rekultivierung für sterile Substrate am sinnvollsten zu sein. Sie kann jedoch nicht nach einer DIN-Norm durchgeführt werden, sondern erfordert vegetationskundlichen Sachverstand.

6. Schluß

Die aus dem Kohlenabbau resultierenden Neben- und Lockergesteine sind trotz der extremen Standortverhältnisse nicht grundsätzlich pflanzenfeindlich. Die Schwierigkeiten bei der Besiedlung sind vor allem auf die fehlende Samenbank und den ungenügenden Eintrag von Diasporen geeigneter Arten zurückzuführen. Obwohl die natürliche Entwicklung überwiegend von Annuellen eingeleitet wird, kann diese Phase durch den Eintrag perennierender Arten übersprungen werden; sie ist nicht obligater sondern fakultativer Natur. Ein schneller Vegetationsschluß ist für die Bodenentwicklung von entscheidender Bedeutung, nicht nur im Hinblick auf die Humifizierung, sondern auch auf die Pyritverwitterung, weil die Pflanzendecke eine Schutzfunktion gegenüber Luftsauerstoff und Niederschlag ausübt.

Ökologische wie ökonomische Einsichten scheinen dafür zu sprechen, bei der Rekultivierung den Naturgesetzen zu folgen, d.h. die Sukzession zu berücksichtigen, und nicht um jeden Preis sofort pflegeintensive Waldungen zu kreieren.

Literatur

- ANTOCH, E. (1963): Über die Vegetation einer Zechenhalde. – Natur u. Heimat **23**: 67-69. Münster.
- ARNDT, A. (1960): Selbstbegrünung einer Halde in der Niederlausitz. – Mitt. Flor. Soz. Arb.gem., N. F. **8**: 347-349. Luckau.
- ASMUS, U. (1987): Spontane Vegetationsentwicklung auf Bergehalden des Aachener Reviers. – Seminarber. Naturschutz-Zentrum NRW **1**: 40-46. Recklinghausen.
- BARTLING, H. & H. STRAUSS (1987): Umweltrelevante und vegetationskundliche Überlegungen zu Bergehalden im Saarland. – Natur u. Landschaft **62**: 512-516. Stuttgart.

- BAUER, H. (1963): Landschaftsökologische Untersuchungen im ausgekohlten Rheinischen Braunkohlenrevier auf der Ville. – Arbeiten zur Rhein. Landeskd **19**, 19 S., Ferdinand Dümmlers, Bonn.
- BAUER, H. J. (1970): Untersuchungen zur bioökologischen Sukzession im ausgekohlten Kölner Braunkohlenrevier. – Natur u. Landschaft **45** (8): 210-215. Stuttgart.
- BEER, W. D. (1955/56): Beiträge zur Kenntnis der pflanzlichen Wiederbesiedlung von Halden des Braunkohlenbergbaus im nordwestsächsischen Raum. – Wiss. Z. Karl-Marx Universität Leipzig, Mathem.-Naturwiss. Reihe **5** (1/2): 207-211. Leipzig.
- DER MINISTER FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (1989): Klimaatlas NRW. – Landesamt für Agrarordnung Nordrhein-Westfalen, Münster. Technische Zentralstelle Düsseldorf, Düsseldorf.
- DILLA, L. & N. MÖHLENBRUCH (1989): Entwicklung und Stand der Rekultivierung. – Natur u. Landschaft **64** (10): 436-439. Stuttgart.
- ELLENBERG, H. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – Scripta Geobotanica XVIII, Lehrstuhl für Geobotanik der Universität Göttingen (Hrsg.). – 2. verb. und erw. Auflage. Verlag Erich Glatze KG, Göttingen.
- FISCHER, A. (1987): Untersuchungen zur Populationsdynamik am Beginn der Sekundärsukzession. – Diss. Botan. **110**: 234 S. Berlin – Stuttgart.
- FISCHER, I. (1995): Entwicklung der Rekultivierung im gesamtdeutschen Braunkohlentagebau unter Berücksichtigung der boden- und vegetationskundlichen Verhältnisse. – Dipl.arb. Universität Gesamthochschule Essen. 163 S.
- GUTTE, P. (1970): Die Wiederbegrünung städtischen Ödlandes dargestellt am Beispiel Leipzigs. – Hercynia **8** (1): 58-81. Leipzig.
- HANF, M. (1939): Bodenzusammensetzung von Abraumhalden und natürliche pflanzliche Besiedlung. – Angewandte Botanik **12**: 149-176. Berlin.
- HORBERT, M. & C. SCHÄPEL (1991): Kleinklimatische Veränderungen durch Bergehalden. – In: WIGGERING, H. & M. KERTH (Hrsg.): Bergehalden des Steinkohlenbergbaus. Beanspruchung und Veränderung eines industriellen Ballungsraumes. S. 65-84. Vieweg, Braunschweig.
- HURTIENNE, G. (1990): Die natürliche Vegetation und ihre Sukzession auf Steinkohlenbergehalden des Ruhrgebietes. – Diss. Essen. 141 S.
- JOCHIMSEN, M. (1982 a): Der Informationsgehalt pflanzensoziologischer und ökologischer Zeigerwerte in Bezug auf die natürliche Besiedlung – Untersuchungen zur Begrünung von Rückstandshalden des Bergbaus im Ruhrgebiet. – Kommunalverband Ruhrgebiet (Hrsg.). 51 S., Essen.
- JOCHIMSEN, M. (1982 b): Untersuchungen zur Frage der natürlichen Sukzession auf Bergehalden. Symposiumsband Internationale Haldenfachtagung Essen 1982. – Kommunalverband Ruhrgebiet (Hrsg.): 63-67. Essen.
- JOCHIMSEN, M. (1987): Vegetation development on mine spoil heaps – a contribution to the improvement of derelict land based on natural succession. – In: Vegetation Ecology and Creation of New Environments. – Proc. Intern. Symposium Tokio 1984: 245-252. Tokai Univ. Press.
- JOCHIMSEN, M. (1991 a): Ökologische Gesichtspunkte zur Vegetationsentwicklung auf Bergehalden. – In: WIGGERING, H. & M. KERTH (Hrsg.): Bergehalden des Steinkohlenbergbaus. Beanspruchung und Veränderung eines industriellen Ballungsraumes: 155-162. Vieweg, Braunschweig.
- JOCHIMSEN, M. (1991 b): Begrünung von Bergematerial auf der Grundlage der natürlichen Sukzession. In: WIGGERING, H. & M. KERTH, M. (Hrsg.): Bergehalden des Steinkohlenbergbaus. Beanspruchung und Veränderung eines industriellen Ballungsraumes: 189-194. Vieweg, Braunschweig.
- KERTH, M. & H. WIGGERING (1991): Verwitterungsprozesse und Bodenbildung auf Bergehalden. – In: WIGGERING, H. & M. KERTH (Hrsg.): Bergehalden des Steinkohlenbergbaus. Beanspruchung und Veränderung eines industriellen Ballungsraumes: 85-101. Vieweg, Braunschweig.
- KOSMALE, S. (1987): Die Haldenvegetation im Steinkohlenbergbaurevier Zwickau – ein Beispiel für das Verhalten von Pflanzen an Extremstandorten, Rekultivierung und Flächennutzung. – Hercynia **26**: 253-274. Leipzig.
- LORENZ, W. D. (1967): Untersuchungen über die Wiedernutzbarmachung von kulturfeindlichen Kippen nach dem Domsdorfer Verfahren. – Diss. Humboldt-Universität Berlin. 106 S.

- NAGLER, M. & H. WEDECK (1993): Über den ökologischen Zustand der Waldflächen auf der Hochkippe „Vollrath Höhe“ bei Grevenbroich 20-30 Jahre nach der Rekultivierung. – *Decheniana* **146**: 56-81. Bonn.
- OLSCHOWY, G. (1993): Bergbau und Landschaft. Rekultivierung durch Landschaftspflege und Landschaftsplanung. 215 S., Parey, Berlin.
- PIETSCH, W. (1973): Vegetationsentwicklung und Gewässergenease in den Tagebauseen des Lausitzer Braunkohlen-Reviers. – *Arch. Naturschutz u. Landschaftsforsch.* **13** (3): 187-217. Berlin.
- PIETSCH, W. (1990): Erfahrungen über die Wiederbesiedlung von Bergbaufolgelandschaften durch Arten des atlantischen Florenelementes. – *Abh. u. Ber. d. Naturkundemus. Görlitz* **64** (1): 65-68. Görlitz.
- PÖSER, A. & M. JOCHIMSEN (1989): Vegetationskundliche Analyse einer landespflegerisch begrünter Bergehalde (Halde Hoppenbruch, Herten). – *Verh. Ges. Ökologie (Essen 1988)* Band **XVIII**: 93-99. Erich Goltze, Göttingen.
- SCHIECHTL, M. H. (1964): Der Einsatz der Grünverbauung zur Haldenbegrünung. – *Garten u. Landschaft* **77**: 41-77. München.
- SCHRÖDER, D., STEPHAN, S. & H. SCHULTE-KARRING (1985): Eigenschaften, Entwicklung und Wert rekultivierter Böden aus Löß im Gebiet des Rheinischen Braunkohlen-Tagebaues. – *Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkde* **148**: 131-146. Wienheim.
- Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk (1968): Haldenbegrünung im Ruhrgebiet. – *Schriftenr. SVR* **22**: 147 S., Essen.
- TÜXEN, R. (1960): Vegetations- und standortkundliche Grundlagen für Rekultivierungsmaßnahmen in Tagebaugebieten. – *Landschaft u. Tagebau, Sonderheft 9, Hilfe durch grün*: 5-6. Darmstadt.
- TÜXEN, R. (1965): Wesenszüge der Biozönose: Gesetze für das Zusammenleben von Pflanzen und Tieren. – *Biozoologie*, Ber. Intern. Sympos. IVV Stolzenau 1964: 10-13. Den Haag.
- UNGEWITTER, R. (1954): Die Begrünung extremer Standorte im Ruhrgebiet. – *Landwirtschaft-Angewandte Wissenschaft* **43**: 74-85. Münster-Hiltrup.
- WITTIG, R., GÖDDE, M., NEITE, H., PAPAJEWSKI, W. & SCHALL, O. (1985): Die Buchenwälder auf den Rekultivierungsflächen im Rheinischen Braunkohlenrevier: Artenkombination, pflanzensoziologische Stellung u. Folgerungen für zukünftige Rekultivierungen. – *Angewandte Botanik* **59** (1/2): 95-112. Berlin.
- WOLF, G. (1987): Untersuchungen zur Verbesserung der forstlichen Rekultivierung mit Altwaldboden im Rheinischen Braunkohlenrevier. – *Natur u. Landschaft* **62** (9): 364-368. Stuttgart.
- WOLF, G. (1989): Probleme der Vegetationsentwicklung auf forstlichen Rekultivierungsflächen im Rheinischen Braunkohlenrevier. – *Natur u. Landschaft* **64** (10): 451-455. Stuttgart.
- WÜNSCHE, M. (1963): Die Standortverhältnisse und Rekultivierungsmöglichkeiten der Halden des Zwickau-Lugau-Ölsnitzer Steinkohlenreviers. – 87 S., Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig
- ZEITZ, D. W. (1965): Vegetationskundliche Erhebungen über den natürlichen Bewuchs und die künstliche Begrünung der Bergehalde II/VI/IX und III/V des Steinkohlenbergwerkes Graf Bismark in Gelsenkirchen/Buer. – *Abh. aus dem Landesmus. Naturkde Münster* **27** (2): 35 S.. Münster

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Maren Jochimsen, Joachim Hartung und Ingo Fischer, Universität GH Essen, FB 9 (Bio- und Geowissenschaften), Pflanzensoziologie und -ökologie, Universitätsstraße 5, D-45117 Essen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: [7](#)

Autor(en)/Author(s): Jochimsen Maren

Artikel/Article: [Spontane und künstliche Begrünung der
Abraumhalden des Stein- und Braunkohlenbergbaus 69-88](#)