

Über den ökologischen Zustand der Waldflächen auf der Hochkippe „Vollrather Höhe“ bei Grevenbroich 20—30 Jahre nach der Rekultivierung

Michael Nagler und Horst Wedeck

Mit 1 Abbildung und 11 Tabellen

(Manuskripteingang: 1. 7. 1992)

Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde der heutige ökologische Zustand der mit Wald rekultivierten Flächen der Hochkippe „Vollrather Höhe“ bei Grevenbroich untersucht.

Neben der Erfassung der realen Vegetation und der heutigen potentiellen natürlichen Vegetation erfolgte an ausgewählten Stellen auch eine Untersuchung wichtiger Bodeneigenschaften. Während eines 24stündigen Meßzeitraums wurden zusätzlich Boden- und Lufttemperaturen gemessen.

Der Vergleich zwischen den heutigen Baumbeständen und der heutigen potentiellen natürlichen Vegetation im Bereich der forstlich rekultivierten Flächen zeigt, daß die heutigen Waldbestände in ihrer Artenzusammensetzung noch nicht als naturnah oder ökologisch ausgewogen anzusprechen sind. Besonders weit entfernt von einer naturnahen Entwicklung sind dabei die Bestände auf Kiesstandorten.

Auch die Bodeneigenschaften weisen durchweg darauf hin, daß ein naturnaher Zustand noch nicht erreicht worden ist. Dagegen lassen die Boden- und Lufttemperaturen wenigstens an einigen Stellen eine etwas günstigere Entwicklung erkennen. Insgesamt ist jedoch festzustellen, daß der heutige Zustand der forstlich rekultivierten Flächen im Bereich der „Vollrather Höhe“ aus ökologischer Sicht als ungünstig zu bezeichnen ist.

Abschließend wurde vorgeschlagen, durch Einbringung von geeignetem Waldboden eine Entwicklung der forstlich rekultivierten Flächen zu einer größeren Naturnähe einzuleiten.

1. Einleitung

Im Rheinischen Braunkohlenrevier werden seit etwa 70 Jahren in großem Umfang ausgedehnte Kippenflächen forstlich rekultiviert. Die forstliche Rekultivierung erfolgte dabei in mehreren Phasen, die jedoch hier nur kurz gestreift werden können. Einen Überblick über die Geschichte der Rekultivierung gibt DILLA (1983). Nach seinen Ausführungen reichte die erste Phase von 1920—1950 und war durch forstliches Experimentieren gekennzeichnet. In der zweiten Phase (1951—1959) kam es zu einem großflächigen Pappel-Erlen-Anbau. In der dritten Rekultivierungsphase (seit 1959) wird besonderer Wert auf die Verwendung standortgerechter Baumarten und die Umwandlung unbefriedigender Aufforstungen in naturnähere Waldbestände gelegt.

Von besonderer Bedeutung für die spätere land- und forstwirtschaftliche Nutzung einer Kippe sind ihre Ausformung und das für die Rekultivierung verwendete Gesteins- und Bodenmaterial. Auf diese Fragen kann hier ebenfalls nur kurz hingewiesen werden. Angaben zur Ausformung von Kippen finden sich u. a. bei BENDERMACHER 1964 und DARMER 1979.

Hinweise auf das für eine forstliche Rekultivierung geeignete Bodenmaterial geben u. a. die Arbeiten von HOCHHÄUSER 1966, HEIDE und SCHALICH 1975 sowie WINTER 1983. Klimatische Probleme im Bereich von Kippen und Halden wurden u. a. von SEEMANN 1970 sowie HORBERT und SCHÄPEL 1986 untersucht.

Über die Entwicklung forstlich rekultivierter Flächen aus ökologischer Sicht liegen bisher kaum Untersuchungen vor. Nach WITTIG et al. (1985) besitzen die Buchenwälder auf rekultivierten Standorten im Südevier auch 40—50 Jahre nach dem Abschluß der forstlichen Rekultivierung nur eine geringe Naturnähe. In den letzten Jahren wurde begonnen, bei der forstlichen Rekultivierung in verstärktem Maße auch ökologische Aspekte durch Einbringung von natürlich gewachsenem Waldboden zu berücksichtigen (vgl. hierzu WEDECK 1975, DILLA 1983 und WOLF 1987).

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, welchen ökologischen Zustand die im Bereich der Hochkippe „Vollrather Höhe“ bei Grevenbroich vor 20—30 Jahren gepflanzten Baumbestände bis heute (1989) erreicht haben. Für die Beurteilung wurden die heutige Artenzusam-

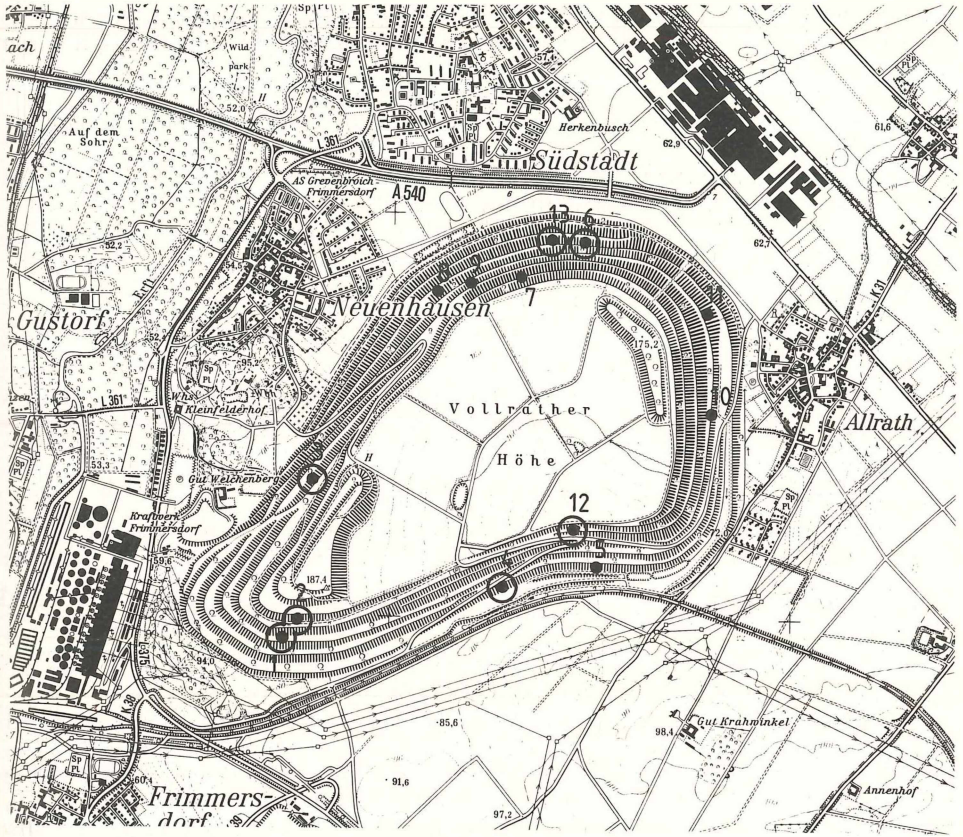


Abbildung: Lage der untersuchten Standorte.

- Vegetationsaufnahmen und Bodenuntersuchungen
- Temperaturmessungen

Ausschnitt aus der topographischen Karte Bl. 4905 Grevenbroich; vervielfältigt mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes NRW vom 2. 3. 1993, Nr. 92/93.

setzung der Baumbestände einschließlich der Strauch- und Krautschicht sowie eine Reihe wichtiger Bodeneigenschaften berücksichtigt. An mehreren Stellen erfolgten auch geländeklimatische Untersuchungen. Die Gelände- und Laborarbeiten wurden im Jahre 1989 von Herrn NAGLER durchgeführt.

2. Erfassung der Baumbestände auf den rekultivierten Flächen

Von den zahlreichen aus dem Bereich der forstlich rekultivierten Flächen der Hochkuppe „Vollruther Höhe“ stammenden Vegetationsaufnahmen wurden 13 Aufnahmen in der Tabelle 1 zusammengestellt. Die Aufnahmeflächen betragen jeweils zwischen 100 und 300 m².

Die Baumschicht besteht aus zahlreichen Arten, unter denen Pappeln weitaus am häufigsten anzutreffen sind. Auch die Sträucher sind mit zahlreichen Arten vertreten, erreichen jedoch in der Regel nur geringe Deckungsgrade. Dagegen weist die Krautschicht meist hohe Deckungsgrade auf. Die Baumbestände sind aufgrund der Artenzusammensetzung keiner bestimmten Waldgesellschaft zuzuordnen.

Die in der Tabelle 1 aufgeführten Baumbestände lassen sich aufgrund ihrer Artenzusammensetzung wie folgt charakterisieren. Das Jahr der Rekultivierung wurde dabei stets mit angegeben (in Klammern):

1. Baumbestände auf stark sand- und kieshaltigen Standorten
 - Pappel-Bestand (1967/68), mit hohem Anteil an saure und trockene Böden bevorzugenden Arten (Nr. 1).
 - Bergahorn-Pappel-Bestand (1967/68), mit saure und trockene Standorte bevorzugenden Arten und einigen *Molinio-Arrhenatheretea*-Arten (Nr. 2).
 - Ulmen-Pappel-Bestand (1967/70), mit hohem Anteil an *Calamagrostis epigeios* (Nr. 3).
2. Baumbestand auf Lößlehm, ohne Feuchtezeiger
 - Buchen-Bestand (1969/70), ohne weitere Arten (Nr. 4).
3. Baumbestände auf Lößlehm, mit Feuchtezeigern
 - Stieleichen-Buchen-Bestand (1969/70), mit hohem Anteil an *Equisetum arvense* und *Rubus caesius* (Nr. 5).
 - Pappel-Bestand (1962/65), mit hohem Anteil an *Tussilago farfara* und *Rubus caesius* (Nr. 6).
 - Schwarzerlen-Pappel-Bestand (1965/67), mit hohem Anteil an *Impatiens noli-tangere* und *Circaea lutetiana* (Nr. 7).
 - Pappel-Schwarzerlen-Bestand (1964/65), mit Feuchtezeigern (Nr. 8).
 - Schwarzerlen-Pappel-Bestand (1964/65), mit hohem Anteil an *Urtica dioica* (Nr. 9).
 - Pappel-Schwarzerlen-Stieleichen-Bestand (1960/61) mit hohem Anteil an *Tussilago farfara* (Nr. 10).
 - Pappel-Bestand (1960/61), mit hohem Anteil an *Rubus caesius* und *Eupatorium cannabinum* (Nr. 11).
 - Pappel-Robinien-Bestand (1967/68), mit Feuchtezeigern (Nr. 12).
 - Pappel-Bestand (1962/65), mit hohem Anteil an *Dryopteris filix-mas* (Nr. 13).

Wie bereits erwähnt, lassen sich die Baumbestände des Untersuchungsgebietes keiner bestimmten Waldgesellschaft zuordnen, jedoch ist aufgrund der unterschiedlichen Artenzusammensetzung mit Hilfe von Trennarten eine deutliche Differenzierung möglich. So fehlt in sämtlichen Beständen auf kies- und sandreichen Böden die Gruppe der Feuchtezeiger (Tab. 1, Nr. 1–3), während auf den mit Löß bzw. Lößlehm rekultivierten Flächen Feuchtezeiger in großer Zahl anzutreffen sind (Tab. 1, Nr. 5–13). Eine Ausnahme bildet lediglich der Buchen-Reinbestand (Nr. 4), in dem außer der Rotbuche keine weitere Pflanze vorkommt.

Die Baumbestände auf den Sand- und Kiesböden lassen sich weiter untergliedern in eine Ausbildung mit Arten wie *Dianthus armeria*, *Aira caryophyllea* und *Polytrichum piliferum*, die besonders trockene Standorte besiedeln (Tab. 1, Nr. 1), eine Ausbildung mit *Calamagrostis epigeios* als Kahlschlagart (Tab. 1, Nr. 3) und eine Ausbildung ohne die genannten Arten (Tab. 1, Nr. 2). Auch die Bestände auf Lößlehm können mit Hilfe bestimmter Arten bzw. Artengruppen weiter differenziert werden. So gibt es u. a. Ausbildungen mit *Equisetum arvense* und *Rubus caesius* (Nr. 5), *Rubus caesius* und *Tussilago farfara* (Nr. 6), *Impatiens noli-tangere* und *Circaea lutetiana* (Nr. 7), *Urtica dioica* (Nr. 9), *Rubus caesius* und *Eupatorium cannabinum* (Nr. 11) und *Dryopteris filix-mas* (Nr. 13).

Zur Beurteilung des heutigen ökologischen Zustandes der Waldbestände ist die Kenntnis der heutigen potentiellen natürlichen Vegetation erforderlich. Ihre Erfassung stößt bei den neu geschaffenen Standorten im Bereich der Hochkippe „Vollrather Höhe“ auf erhebliche Schwierigkeiten, da Böden mit Eigenschaften entstanden sind, die es in der Umgebung des Untersuchungsgebietes nicht gibt (vgl. hierzu u. a. TRAUTMANN 1973 und WEDECK 1975). Die „Vollrather Höhe“ wurde im wesentlichen aus einer Mischung von kalkhaltigem Löß und Lößlehm sowie Forstkies rekultiviert. Nach WEDECK (1975) sind auf den mit Löß bzw. mit Lößlehm rekultivierten Standorten der Perlgras-Buchenwald (*Melico-Fagetum*) und auf Forstkies mit sehr geringem Lößanteil der Buchen-Eichenwald (*Fago-Quercetum*) als heutige potentielle natürliche Vegetation zu erwarten.

Auf den heute ackerbaulich genutzten, nicht vom Braunkohlenabbau betroffenen Lößlehm-böden (Parabraunerden) in der Umgebung der Kippe stellt der Perlgras-Buchenwald ebenfalls die heutige potentielle natürliche Vegetation (TRAUTMANN 1973) dar. Als wichtigste Baumart ist *Fagus sylvatica* zu nennen. Daneben spielen in naturnahen Beständen auch *Quercus*

Querco-Fagetea-Arten

<i>Dryopteris filix-mas</i>	.	.	+	.	.	1	.	+	1	+	.	.	4
<i>Epipactis helleborine</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	1	1	+	+	+
<i>Scrophularia nodosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	.	.	1
<i>Stachys sylvatica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
<i>Melica uniflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1

Feuchtezeiger

<i>Rubus caesius</i>	.	.	.	.	2	3	1	1	1	+	4	2	1
<i>Tussilago farfara</i>	.	.	.	.	+	4	.	1	.	3	.	.	2
<i>Eupatorium cannabinum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	+	1
<i>Equisetum arvense</i>	.	.	.	.	4	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cirsium palustre</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	2	.
<i>Deschampsia caespitosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.
<i>Chaerophyllum temulum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	1
<i>Poa trivialis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.
<i>Impatiens noli-tangere</i>	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.
<i>Circaea lutetiana</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.

Meist saure und trockene
Standorte bevorzugende
Arten

<i>Agrostis tenuis</i>	+	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dianthus armeria</i>	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polytrichum piliferum</i>	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pohlia nutans</i>	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aira caryophyllea</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Corynephorus canescens</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cladonia spec.</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rumex acetosella</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Artemisietea-Arten

<i>Galium aparine</i>	.	.	.	.	+	+	.	2	3	1	.	1	.
<i>Cirsium arvense</i>	.	.	.	.	1	.	.	.	1	1	+	1	+
<i>Moehringia trinervia</i>	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	3	+
<i>Epilobium montanum</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	1	2	.	1
<i>Geranium robertianum</i>	.	.	.	.	.	3	2	+	.	+	.	.	.
<i>Urtica dioica</i>	.	.	.	.	.	1	1	.	4	.	.	.	2
<i>Geum urbanum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Glechoma hederacea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+

Molinio-Arrhenatheretea-
Arten

<i>Festuca rubra</i>	+	2	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Arrhenatherum elatius</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Poa pratensis</i>	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Dactylis glomerata</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Holcus lanatus</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Prunella vulgaris</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.

Epilobietea-Arten

<i>Fragraria vesca</i>	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	2	.
<i>Calamagrostis epigeios</i>	+	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Senecio fuchsii</i>	.	.	.	.	.	2	.	4	.	.	.	.	.
<i>Epilobium angustifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	1
<i>Atropa belladonna</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.

Sonstige Arten

<i>Poa annua</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Poa angustifolia</i>	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lupinus polyphyllus</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.
<i>Myosoton aquaticum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Myosotis arvensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Linaria vulgaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
<i>Bromus inermis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
<i>Verbascum thapsus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Erigeron canadensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Dryopteris dilatata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Ranunculus repens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+

petraea, *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *Tilia cordata*, *Carpinus betulus* und *Acer pseudo-platanus* eine mehr oder weniger große Rolle.

In der Krautschicht ist mit Arten wie *Melica uniflora*, *Galium odoratum*, *Anemone nemorosa*, *Poa nemoralis*, *Viola reichenbachiana*, *Miliium effusum*, *Lamium galeobdolon*, *Polygonatum multiflorum*, *Brachypodium sylvaticum*, *Scrophularia nodosa*, *Carex sylvatica*, *Dryopteris filix-mas*, *Convallaria majalis* und *Oxalis acetosella* zu rechnen. Stellenweise, insbesondere auf basenreichen Standorten, sind auch *Arum maculatum*, *Primula elatior*, *Ranunculus ficaria* und *Stachys sylvatica* zu erwarten. Auf stärker verdichteten und vernähten Standorten dürften *Circaea lutetiana*, *Athyrium filix-femina* und *Deschampsia caespitosa* auftreten.

Einige Arten, die im potentiellen Perlgras-Buchenwald vorkommen, sind auch in den untersuchten Baumbeständen anzutreffen. Zu den häufigeren gehören *Dryopteris filix-mas*, *Epipactis helleborine* und *Scrophularia nodosa*. Nur an wenigen Stellen kommen *Impatiens noli-tangere*, *Circaea lutetiana* und *Melica uniflora* vor.

Außerdem ist eine Reihe von Straucharten zu nennen, die zwar in naturnahen Waldbeständen kaum eine Rolle spielen, aber für die Ausbildung von Waldrändern eine große Bedeutung haben: *Corylus avellana*, *Crataegus laevigata*, *Euonymus europaeus*, *Crataegus monogyna*, *Viburnum opulus*, *Rosa canina*, *Prunus spinosa* und *Salix caprea*.

Auf den mit Forstkies rekultivierten Flächen dürfte wegen des sehr geringen Lößlehmmantels das Fago-Quercetum die heutige potentielle natürliche Vegetation darstellen. Die wichtigsten Baumarten sind *Fagus sylvatica* und *Quercus petraea*.

In der Krautschicht sind Arten wie *Teucrium scorodonia*, *Holcus mollis*, *Carex pilulifera*, *Pteridium aquilinum*, *Melampyrum pratense*, *Maianthemum bifolium*, *Convallaria majalis* und *Deschampsia flexuosa* zu erwarten. Charakteristisch für den Bereich der Waldränder sind vor allem die Straucharten *Frangula alnus*, *Populus tremula*, *Sorbus aucuparia*, *Ilex aquifolium*, *Betula pendula* und *Salix caprea*.

Arten des Fago-Quercetum haben sich im Gebiet bisher nicht angesiedelt (vgl. Tab. 1).

3. Beurteilung des ökologischen Zustandes der Waldbestände

Wie bereits erwähnt, ist auf den mit Löß rekultivierten Standorten ein Melico-Fagetum und auf den Kiesböden ein Fago-Quercetum als potentielle natürliche Vegetation zu erwarten. Um den heutigen ökologischen Zustand der Waldbestände beurteilen zu können, wurden die wichtigsten der im Melico-Fagetum und im Fago-Quercetum wachsenden Pflanzen ausgewählt und den in den heutigen Waldflächen vorkommenden Arten gegenübergestellt. Die Angabe der

heute vorhandenen Arten bezieht sich jedoch lediglich auf die 13 Vegetationsaufnahmen in der Tabelle 1. Die gesamte Artenzahl im Rekultivierungsgebiet „Vollrather Höhe“ ist wesentlich größer. Hinweise auf Arten, die in der heutigen potentiellen natürlichen Vegetation nur selten oder ausnahmsweise auftreten, stehen in Klammern. Die Auswahl der Arten erfolgte in Anlehnung an TRAUTMANN (1973). Im folgenden wird zunächst auf die Lößstandorte bzw. das Melico-Fagetum eingegangen:

	im potentiellen Melico-Fagetum zu erwartende Arten	heute vorhandene Arten
Bäume		
<i>Fagus sylvatica</i>	x	x
<i>Qercus robur</i>	x	x
<i>Acer pseudoplatanus</i>	x	x
<i>Quercus petraea</i>	x	
<i>Populus spec.</i>		x
<i>Alnus glutinosa</i>		x
<i>Betula pendula</i>		x
<i>Robinia pseudoacacia</i>		x
<i>Tilia cordata</i>		x
<i>Castanea sativa</i>		x
Sträucher		
(in naturnahen Beständen fast nur im Waldmantel)		
<i>Corylus avellana</i>	x	x
<i>Crataegus laevigata</i>	x	x
<i>Sambucus nigra</i>	x	x
<i>Cornus sanguinea</i>	x	x
<i>Rubus fruticosus</i>	x	x
<i>Rosa canina</i>	x	x
<i>Acer campestre</i>	x	
<i>Salix caprea</i>	x	
<i>Prunus spinosa</i>	x	
<i>Viburnum opulus</i>	x	
<i>Euonymus europaeus</i>	x	
<i>Daphne mezereum</i>	x	
<i>Salix viminalis</i>		x
<i>Sorbus aucuparia</i>		x
<i>Ribes nigrum</i>		x
<i>Ribes sanguineum</i>		x
<i>Ulmus carpinifolia</i>		x
Kräuter (Waldarten)		
<i>Melica uniflora</i>	x	x
<i>Dryopteris filix-mas</i>	x	x
<i>Scrophularia nodosa</i>	x	x
<i>Stachys sylvatica</i>	x	x
<i>Epipactis helleborine</i>	x	x
<i>Ranunculus ficaria</i>	x	
<i>Mercurialis perennis</i>	x	
<i>Polygonatum multiflorum</i>	x	
<i>Sanicula europaea</i>	x	
<i>Milium effusum</i>	x	
<i>Galium odoratum</i>	x	
<i>Viola reichenbachiana</i>	x	
<i>Anemone nemorosa</i>	x	
<i>Carex sylvatica</i>	x	
<i>Poa nemoralis</i>	x	
<i>Lamium galeobdolon</i>	x	
<i>Oxalis acetosella</i>	x	
<i>Adoxa moschatellina</i>	x	

<i>Campanula trachelium</i>	x	
<i>Arum maculatum</i>	x	
<i>Primula elatior</i>	x	
Feuchtezeiger (Waldarten)		
<i>Circaea lutetiana</i>	x	x
<i>Impatiens noli-tangere</i>	x	x
<i>Carex remota</i>	x	
<i>Veronica montana</i>	x	
Weitere Feuchtezeiger		
<i>Rubus caesius</i>		x
<i>Tussilago farfara</i>		x
<i>Equisetum arvense</i>		x
<i>Poa trivialis</i>		x
<i>Eupatorium cannabinum</i>		x
<i>Cirsium palustre</i>		x
<i>Chaerophyllum temulum</i>		x
<i>Deschampsia caespitosa</i>		x
Artemisieta-Arten		
<i>Geranium robertianum</i>	(x)	x
<i>Geum urbanum</i>	(x)	x
<i>Cirsium arvense</i>		x
<i>Epilobium montanum</i>		x
<i>Galium aparine</i>		x
<i>Urtica dioica</i>		x
<i>Moehringia trinervia</i>		x
<i>Glechoma hederacea</i>		x
Epilobietea-Arten		
<i>Fragaria vesca</i>	(x)	x
<i>Senecio fuchsii</i>	(x)	x
<i>Epilobium angustifolium</i>		x
<i>Atropa bella-donna</i>		x
Molinio-Arrhenatheretea-Arten		
<i>Prunella vulgaris</i>		x
<i>Festuca rubra</i>		x
<i>Arrhenatherum elatius</i>		x
<i>Poa pratensis</i>		x
<i>Dactylis glomerata</i>		x

Aus der Übersicht läßt sich unter Berücksichtigung der Angaben in der Tabelle 1 zum ökologischen Zustand der heutigen Waldbestände folgendes ablesen:

1. *Fagus sylvatica* als wichtigste Baumart des Melico-Fagetum kommt zwar in den heutigen Waldbeständen vor, tritt aber an Häufigkeit gegenüber anderen Baumarten wie *Populus spec.* und *Alnus glutinosa* weit zurück. Insgesamt entspricht die heutige Baumartenverteilung nur selten der eines naturnahen Melico-Fagetum. Es überwiegen ferner aufgelockerte Baumbestände.

2. Den meist aufgelockerten Waldbeständen entspricht die oftmals gut entwickelte, häufig aus zahlreichen Arten bestehende Strauchschicht. In einem naturnahen Melico-Fagetum fehlen Sträucher bis auf einzelne, kümmerlich entwickelte Exemplare so gut wie ganz. Die Sträucher wurden hier aufgeführt, da sie beim Aufbau der Waldmäntel eine sehr wichtige Rolle spielen.

3. In der Krautschicht haben sich bereits einige Arten eingestellt, die auch in naturnahen Waldbeständen vorkommen. Es handelt sich dabei größtenteils um Arten, die auf relativ feuchten Standorten wachsen, u. a. *Circaea lutetiana*, *Impatiens noli-tangere* und *Dryopteris filix-mas*. Auch anspruchsvolle Arten wie *Stachys sylvatica*, *Ranunculus ficaria* und *Mercurialis perennis* wurden vereinzelt angetroffen. Selbst *Melica uniflora* als Kennart des Melico-Fagetum hat sich bereits eingestellt, wenn auch nur an wenigen Stellen. Andererseits ist jedoch nicht zu übersehen, daß der größte Teil der Waldarten noch fehlt.

4. Der größte Teil der in den heutigen Waldbeständen vorkommenden Arten der Krautschicht gehört nicht zu den Waldarten.

Aufgrund der gegenwärtigen Artenzusammensetzung sind die heutigen Waldbestände nicht als ökologisch ausgewogen anzusprechen, auch wenn an manchen Stellen einige im Melico-Fagetum vorkommende Arten wachsen.

Über die auf den Forstkiesstandorten im Fago-Quercetum zu erwartenden und in den heutigen Waldbeständen wachsenden Arten gibt die folgende Übersicht Auskunft:

	im potentiellen Trauben- eichen-Buchenwald zu erwartende Arten	in der heutigen Waldvegetation vorhandene Arten
Bäume		
<i>Fagus sylvatica</i>	x	
<i>Quercus petraea</i>	x	
<i>Populus spec.</i>		x
<i>Acer pseudoplatanus</i>		x
<i>Ulmus carpinifolia</i>		x
Sträucher (in naturnahen Beständen fast nur im Waldmantel)		
<i>Fagus sylvatica</i>	x	x
<i>Salix caprea</i>	x	x
<i>Frangula alnus</i>	x	
<i>Ilex aquifolium</i>	x	
<i>Cornus sanguinea</i>		x
<i>Betula pendula</i>		x
<i>Prunus padus</i>		x
<i>Acer pseudoplatanus</i>		x
<i>Quercus robur</i>		x
Kräuter (Waldarten)		
<i>Dryopteris filix-mas</i>	x	x
<i>Convallaria majalis</i>	x	
<i>Deschampsia flexuosa</i>	x	
<i>Polytrichum formosum</i>	x	
<i>Mnium hornum</i>	x	
<i>Maianthemum bifolium</i>	x	
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	x	
<i>Teucrium scorodonia</i>	x	
<i>Holcus mollis</i>	x	
<i>Melampyrum pratense</i>	x	
<i>Pteridium aquilinum</i>	x	
<i>Lonicera periclymenum</i>	x	
<i>Carex pilulifera</i>	x	
Weitere Arten (keine Waldarten)		
<i>Agrostis tenuis</i>		x
<i>Dianthus armeria</i>		x
<i>Polytrichum piliferum</i>		x
<i>Pohlia nutans</i>		x
<i>Aira caryophylla</i>		x
<i>Corynephorus canescens</i>		x
<i>Cladonia spec.</i>		x
<i>Rumex acetosella</i>		x
<i>Moehringia trinervia</i>		x
<i>Festuca rubra</i>		x
<i>Arrhenatherum elatius</i>		x
<i>Poa pratensis</i>		x
<i>Holcus lanatus</i>		x
<i>Calamagrostis epigeios</i>		x
<i>Poa annua</i>		x
<i>Poa angustifolia</i>		x
<i>Lupinus polyphyllus</i>		x

Der Übersicht ist zum ökologischen Zustand der heutigen Waldbestände auf Kiesböden folgendes zu entnehmen:

1. Von den potentiellen Fago-Quercetum vorherrschenden Baumarten *Fagus sylvatica* und *Quercus petraea* enthalten die Vegetationsaufnahmen aus dem Bereich der Kiesstandorte (Tab. 1, Nr. 1–3) lediglich *Fagus sylvatica*, allerdings nur in der Strauchschicht. Auch in den übrigen, hier nicht durch Vegetationsaufnahmen belegten Baumbeständen auf Kiesböden spielen *Fagus sylvatica* und *Quercus petraea* keine Rolle.

2. Wie im Melico-Fagetum ist eine Strauchschicht in naturnahen Beständen des Fago-Quercetum nicht entwickelt, sondern lediglich für die Ausbildung der Waldmäntel von Bedeutung. Als einzige bodenständige Strauchart wurde *Salix caprea* angetroffen. Häufig wurden Baumarten wie *Tilia cordata*, *Ulmus carpiniifolia* und *Alnus glutinosa* angepflanzt. Sie sind bis heute über ein Strauchstadium nicht hinausgekommen.

3. In der Krautschicht gibt es bis auf *Dryopteris filix-mas*, der hier allerdings nur sehr selten vorkommt, keine Waldarten.

4. Alle übrigen in der Krautschicht vorkommenden Pflanzen gehören nicht zu den Waldarten. Die heute auf den Kiesböden wachsenden Waldbestände sind aufgrund ihrer Artenzusammensetzung als weit naturferner einzustufen als die auf Lößlehmstandorten.

Die 40–50 Jahre alten Buchenbestände auf den ältesten Rekultivierungsflächen des Rheinischen Braunkohlenreviers werden von WITTIG et al. (1985) als „nicht im Gleichgewicht befindliche Pionierbestände“ (S. 109) bezeichnet. Sie sind jedoch im Vergleich zu den Waldbeständen auf der Hochkippe „Vollrather Höhe“ in ihrer Entwicklung zu größerer Naturnähe schon relativ weit vorangekommen.

4. Bodeneigenschaften

Zur Ergänzung der vegetationskundlichen Untersuchungen wurden im Bereich der Vegetationsaufnahmen 1–13 folgende Bodeneigenschaften untersucht:

- pH-Wert
- elektrische Leitfähigkeit
- Kationen-Austauschkapazität
- Carbonat-Gehalt
- organische Substanz
- Porenvolumen
- Lagerungsdichte
- Korndichte
- Festvolumen
- Luftgehalt
- Wassergehalt in cm^3
- Wassergehalt in % des Porenvolumens

Elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Kationen-Austauschkapazität, Carbonat-Gehalt und organische Substanz wurden anhand von Bodenproben gemessen, die mit dem Bohrer nach PÜRCKHAUER gewonnen wurden. Die Proben stammen aus Bodentiefen von 0–10, 20–30 und 40–50 cm. Aus jeder Bodentiefe wurden 4 Einzelproben entnommen und jeweils zu einer Mischprobe zusammengefaßt. Die pH-Werte (in n KCl und H_2O) und die elektrische Leitfähigkeit (in μS) wurden mit Meßelektroden der Firma WTW Weilheim gemessen (Mittelwert aus 2 Parallelproben). Für die Messungen wurden jeweils 10 g lufttrockener Boden mit 25 ml n KCl bzw. destilliertem Wasser versetzt.

Die Kationen-Austauschkapazität wurde durch Titration einer salzsauren Bodenlösung (0,1 n HCl) gegen 0,1 n NaOH ermittelt (Mittelwert aus 2 Parallelen).

Die Bestimmung des Carbonat-Gehaltes, angegeben in CaCO_3 , erfolgte gasvolumetrisch nach der Methode von SCHEIBLER (Mittelwert aus 2 Parallelproben).

Die organische Substanz wurde mit Hilfe der Glühverlustmethode bestimmt (Mittelwert aus 2 Parallelproben).

Porenvolumen, Lagerungsdichte, Korndichte, Festvolumen, Luftgehalt und Wassergehalt in cm^3 sowie Wassergehalt in % des Porenvolumens wurden mit Hilfe von Stechzylindern mit einem Volumen von jeweils 100 cm^3 gemessen. Die Proben wurden an jeder Probestelle aus Tiefen von 0–5, 20–25 und 45–50 cm entnommen. Die in den Tabellen angegebenen Werte stellen jeweils einen Durchschnittswert von 4 Einzelmessungen dar.

Ph-Werte (in n KCl und H₂O)

Die in n KCl und destilliertem Wasser gemessenen pH-Werte sind in der Tabelle 2 dargestellt. Sie nehmen in der Regel von den oberen zu den unteren Bodenschichten zu. Jedoch sind zwischen den überwiegend mit Sand und Kies sowie den mit Lößlehm rekultivierten Standorten erhebliche Unterschiede festzustellen.

Im folgenden wird vor allem auf die in n KCl gemessenen pH-Werte eingegangen. In H₂O ergaben sich ausnahmslos höhere Werte. In der Reihenfolge der Werte zeigten sich jedoch ähnliche Unterschiede wie bei den Messungen in n KCl.

In den obersten Bodenschichten der mit Forstkies rekultivierten Flächen wurde lediglich ein durchschnittlicher pH-Wert von 5,4 gemessen. Die durchschnittlichen Werte für die Bodenschichten in 20–30 cm und 40–50 cm betragen pH 5,7 und 6,4. Mit zunehmender Bodentiefe ist also eine deutliche Erhöhung der durchschnittlichen pH-Werte festzustellen. Eine Abweichung von dieser Reihenfolge zeigt lediglich der Standort 3 (vgl. Tab. 2).

Den zumindest in den obersten Bodenschichten meist ziemlich sauren Standorten entspricht, daß hier einige säureliebende Arten auftreten, u. a. *Corynephorus canescens* und *Aira caryophyllea*. Auf die niedrigen pH-Werte des für die Rekultivierung verwendeten Bodenmaterials weist u. a. WOLF (1987) hin.

Wie aus der Tabelle 2 weiter hervorgeht, zeigen die pH-Werte der mit Forstkies rekultivierten Flächen eine erhebliche Schwankungsbreite. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß das für die Rekultivierung verwendete Bodenmaterial nicht einheitlich zusammengesetzt war, sondern örtlich mehr oder weniger große Lößanteile besaß.

Die pH-Werte im Bereich der mit Löß bzw. Lößlehm rekultivierten Flächen liegen fast ausschließlich über pH 7 und sind als neutral bis schwach alkalisch zu bezeichnen. Das läßt auf einen hohen Basengehalt im gesamten Bodenprofil schließen. Auch das Fehlen säureliebender Arten in den Vegetationsbeständen auf Löß bzw. Lößlehm ist als Hinweis auf einen hohen Basengehalt anzusehen. Bis auf wenige Ausnahmen (z. B. Tab. 2, Nr. 7) nehmen die pH-Werte von den oberen zu den tieferen Bodenschichten zu. Sie reichen im Durchschnitt von pH 7,2 in den oberen Bodenschichten (0–10 cm) über pH 7,5 in den Bodentiefen von 20–30 cm bis zu pH 7,6 in 40–50 cm Tiefe und weisen in den vergleichbaren Bodenschichten nur relativ geringe Schwankungen auf. Die höchste Differenz wurde mit pH 0,9 in 20–30 cm Bodentiefe festgestellt. Die Unterschiede sind aber in den meisten Fällen erheblich geringer.

Die überwiegend festzustellende Zunahme der pH-Werte von den oberen zu den tieferen Bodenschichten kann als Hinweis auf eine bereits in Gang gekommene Bodenentwicklung angesehen werden, da bei den natürlich gewachsenen Böden in der Regel ebenfalls eine Erhöhung des pH-Wertes mit zunehmender Bodentiefe festzustellen ist.

Elektrische Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit (μS) stellt ein Maß für die Gesamtheit der im Boden gelösten Stoffe dar. Sie erreicht im Bereich der mit Forstkies rekultivierten Flächen mit 74, 65 und 63 μS in Bodentiefen von 0–10, 20–30 und 40–50 cm ziemlich niedrige Werte (Tab. 3). Dies kann als Hinweis auf die relativ geringe Nährstoffversorgung dieser Böden angesehen werden. Im einzelnen ergeben sich jedoch erhebliche Schwankungen, die möglicherweise auf unterschiedlich hohe Beimengen an Lößlehm zurückzuführen sind. Bei zwei der drei Standorte nehmen die Meßwerte von den oberen zu den untersten Bodenschichten ab. Im Bereich des dritten Standortes (Tab. 3, Nr. 3) ist jedoch zum Teil auch ein Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit mit zunehmender Bodentiefe festzustellen. Den niedrigen Werten der elektrischen Leitfähigkeit entspricht hier das Vorkommen säureliebender Arten wie *Aira caryophyllea* und *Rumex acetosella*.

Mit durchschnittlich 207, 166 und 140 μS in Bodentiefen von 0–10, 20–30 bzw. 40–50 cm treten im Bereich der mit Löß bzw. Lößlehm rekultivierten Flächen wesentlich höhere Werte der elektrischen Leitfähigkeit auf. Bis auf wenige Ausnahmen (Tab. 3, Nr. 11 und Nr. 13) ist stets eine Abnahme der Werte von den oberen zu den unteren Bodenschichten festzustellen.

Kationen-Austausch

Die Austauschkapazität der Böden der mit Forstkies rekultivierten Flächen liegt mit einer Ausnahme stets unter 10 mval/100 g Boden (Tab. 3) und ist somit als ziemlich niedrig zu bewerten.

Nr. der Vegetations- aufnahme	Forstkies			Lößlehm												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
	Berghorn-Bestand, mit Arten trockener Standorte	Berghorn-Pappel-Bestand, mit Arten trockener Standorte	Ulmen-Pappel-Bestand, mit <i>Calama- grostis epigeios</i>	Durchschnittswerte für die Bestände auf Forstkies	Rotbuchen-Bestand, ohne weitere Arten	Stieleichen-Rotbuchen-Bestand, mit <i>Equisetum arvense</i> und <i>Rubus caesius</i>	Pappel-Bestand, mit <i>Tussilago farfara</i> und <i>Rubus caesius</i>	Schwarzerlen-Pappel-Bestand, mit <i>Impatiens noli-tangere</i>	Pappel-Schwarzerlen-Bestand, mit <i>Rubus caesius</i> und <i>Circaea lutetiana</i>	Schwarzerlen-Pappel-Bestand, mit <i>Urtica dioica</i>	Pappel-Schwarzerlen-Stieleichen- Bestand, mit <i>Tussilago farfara</i>	Pappel-Bestand, mit <i>Rubus caesius</i> und <i>Eupatorium cannabinum</i>	Pappel-Robinien-Bestand, mit Feuchtezeigern	Pappel-Bestand, mit <i>Dryopteris filix-mas</i>	Durchschnittswerte für die Bestände auf Lößlehm	
	79	112	30	74	197	190	225	165	182	205	162	287	280	180	207	
Bodentiefe 0-10 cm	41	100	54	65	153	155	160	132	170	170	137	153	231	159	166	
20-30 cm	43	97	50	63	155	135	153	112	135	130	115	122	182	162	140	
40-50 cm																
<u>Austauschkapazität</u>																
Bodentiefe	6,8	8,9	7,8	7,8	10,1	19,8	10,8	20,0	28,3	10,6	25,7	32,4	14,5	30,7	20,3	
0-10 cm	5,6	12,5	7,2	8,4	11,5	32,0	12,9	20,0	20,7	18,9	24,6	29,2	12,6	23,4	20,6	
20-30 cm	6,0	7,5	8,0	7,2	15,2	28,3	8,5	23,5	10,7	12,2	33,4	26,7	8,5	21,4	18,8	
40-50 cm																

Tab. 3. Elektrische Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$) und Kationen-Austauschkapazität ($\text{mval}/100 \text{ g Boden}$) an 13 Probestellen
(Probenahme 15.4.1989).

Nr. der Vegetations- aufnahme	Boden	Carbonat-Gehalt	organische Substanz																														
			Bodentiefe 0-10 cm			20-30 cm			40-50 cm			Bodentiefe 0-10 cm			20-30 cm			40-50 cm															
1	Forstkies	0,1	0,3	0,1	0,2	1,3	4,7	6,2	0,3	4,9	7,7	1,4	7,0	8,1	1,0	4,3	0,1	0,3	0,1	0,2	1,2	1,2	1,2	5,6	7,1	0,4	6,4	7,4	2,2	9,2	1,8	4,4	
			0,1	0,1	0,1	1,2	4,9	6,3	0,1	6,3	6,7	1,7	1,7	9,9	0,6	3,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
			0,1	0,1	0,1	1,2	4,9	6,3	0,1	6,3	6,7	1,7	1,7	9,9	0,6	3,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
			0,1	0,1	0,1	1,2	4,9	6,3	0,1	6,3	6,7	1,7	1,7	9,9	0,6	3,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
4	Lößlehm	0,1	0,3	0,1	0,2	1,3	4,7	6,2	0,3	4,9	7,7	1,4	7,0	8,1	1,0	4,3	0,1	0,3	0,1	0,2	1,2	1,2	1,2	5,6	7,1	0,4	6,4	7,4	2,2	9,2	1,8	4,4	
			0,1	0,1	0,1	1,2	4,9	6,3	0,1	6,3	6,7	1,7	1,7	9,9	0,6	3,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
			0,1	0,1	0,1	1,2	4,9	6,3	0,1	6,3	6,7	1,7	1,7	9,9	0,6	3,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
			0,1	0,1	0,1	1,2	4,9	6,3	0,1	6,3	6,7	1,7	1,7	9,9	0,6	3,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
			0,1	0,1	0,1	1,2	4,9	6,3	0,1	6,3	6,7	1,7	1,7	9,9	0,6	3,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
			0,1	0,1	0,1	1,2	4,9	6,3	0,1	6,3	6,7	1,7	1,7	9,9	0,6	3,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
			0,1	0,1	0,1	1,2	4,9	6,3	0,1	6,3	6,7	1,7	1,7	9,9	0,6	3,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
			0,1	0,1	0,1	1,2	4,9	6,3	0,1	6,3	6,7	1,7	1,7	9,9	0,6	3,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
			0,1	0,1	0,1	1,2	4,9	6,3	0,1	6,3	6,7	1,7	1,7	9,9	0,6	3,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
			0,1	0,1	0,1	1,2	4,9	6,3	0,1	6,3	6,7	1,7	1,7	9,9	0,6	3,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
			0,1	0,1	0,1	1,2	4,9	6,3	0,1	6,3	6,7	1,7	1,7	9,9	0,6	3,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
			0,1	0,1	0,1	1,2	4,9	6,3	0,1	6,3	6,7	1,7	1,7	9,9	0,6	3,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
			0,1	0,1	0,1	1,2	4,9	6,3	0,1	6,3	6,7	1,7	1,7	9,9	0,6	3,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
0,1	0,1	0,1	1,2	4,9	6,3	0,1	6,3	6,7	1,7	1,7	9,9	0,6	3,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			

Tab. 4. Carbonat-Gehalt (CaCO_3) und organische Substanz (Günverlust) in % des Bodengewichtes an 13 Probestellen (Probenahme 15.4.1989).

Demgegenüber erreichen die Lößlehmstandorte meist mittlere bis hohe Werte zwischen 10 und 30 mval/100 g Boden. Die Nährstoffversorgung der Lößlehmstandorte ist als gut, die der Sand- und Kiesböden dagegen als ziemlich schlecht einzustufen, soweit es sich dabei um Kationen handelt.

Die gemessenen Werte weisen im übrigen, wie der Tabelle 3 zu entnehmen ist, eine derart ungleichmäßige Verteilung auf, daß eine Interpretation im einzelnen nicht möglich ist. Dieser Sachverhalt ist ebenfalls als Hinweis auf die Heterogenität des Schüttmaterials zu sehen.

Carbonat-Gehalt

Die Tabelle 4 zeigt, daß die Carbonat-Gehalte der mit Forstkies rekultivierten Standorte weit unter 1 % liegen und als sehr gering bezeichnet werden können. Demgegenüber weisen die Lößlehmstandorte Carbonat-Gehalte bis etwa 10 % auf. Oft läßt sich ein Anstieg der Carbonat-Gehalte mit zunehmender Bodentiefe feststellen. Die insgesamt ziemlich unregelmäßige Verteilung der Carbonat-Werte ist ebenfalls ein Hinweis auf die erheblichen Unterschiede des für die Rekultivierung verwendeten Bodenmaterials.

Organische Substanz

Die Gehalte an organischer Substanz (vgl. Tab. 4) erreichen in den untersuchten Böden Höchstwerte bis 6,8 % (Standort 12). Die Durchschnittswerte liegen allerdings erheblich niedriger. In den obersten Schichten der mit Forstkies rekultivierten Böden wurden durchschnittlich 3,0 %, in den gleichen Schichten der Lößlehmstandorte 4,6 % festgestellt.

Die Gehalte an organischer Substanz werden mit zunehmender Bodentiefe im allgemeinen geringer. Dies trifft bis auf wenige Ausnahmen auch für die Standorte des Untersuchungsgebietes zu. Die Frage, ob die gemessenen Werte den Gehalten an organischer Substanz in gewachsenen Waldböden entsprechen, läßt sich für das Gebiet der Niederrheinischen Bucht jedoch kaum beantworten, da naturnahe Bestände oder anthropogene Waldreste auf Parabraunerden so gut wie ganz fehlen.

Die mit Forstkies rekultivierten Standorte 2 und 3 (Tab. 4) weisen in den obersten Bodenschichten ebenfalls ziemlich hohe Gehalte an organischer Substanz auf. Hier spielt wahrscheinlich ein erhöhter Lößlehmanteil eine Rolle.

Festvolumen

Wie Tabelle 5 zeigt, liegen die Festvolumina (in cm^3) in den obersten Bodenschichten meist zwischen 45 und 55 cm^3 . Diese Werte werden nur selten über- oder unterschritten (Tab. 5, Nr. 6 und 13). Mit zunehmender Bodentiefe erhöhen sich die Werte der Festvolumina. Jedoch ist die Zunahme, wie der Tabelle 5 zu entnehmen ist, überwiegend nicht gleichmäßig. Bei mehr als der Hälfte der Proben liegen die Werte in einer Tiefe von 20–25 cm höher als die in den Bodenschichten zwischen 45 und 50 cm Tiefe.

Möglicherweise treten in den mittleren Bodentiefen um 20–25 cm in stärkerem Maße Verdichtungen auf. Für natürlich gewachsene Böden ist im allgemeinen mit zunehmender Bodentiefe eine gleichmäßige Zunahme der Festvolumina kennzeichnend. Die hier festgestellten Abweichungen können somit als Hinweis darauf gewertet werden, daß ein „naturnaher“ Entwicklungsstand der Böden noch nicht erreicht ist.

Die Unterschiede zwischen den Festvolumina der Forstkies- und Lößlehm Böden sind nur gering. Bei den Forstkiesstandorten weisen sämtliche Proben aus den mittleren Bodenschichten zwischen 20 und 25 cm im Vergleich zu den übrigen Bodentiefen erhöhte Festvolumina auf.

Porenvolumen

Die höchsten Porenvolumina werden bei allen untersuchten Standorten in den obersten Bodenschichten erreicht (vgl. Tab. 5). Besonders hohe Porenvolumina weist in sämtlichen Meßtiefen der Standort 13 auf.

Die Abnahme der Porenvolumina von den oberen zu den unteren Bodenschichten erfolgt bei der Mehrzahl der Standorte nicht gleichmäßig. Die niedrigsten Werte treten überwiegend in den mittleren Bodenschichten auf. Damit ergeben sich u. a. Beziehungen zu den oftmals besonders hohen Lagerungsdichten und den auffällig niedrigen Luftgehalten in den gleichen Bodentiefen.

Nr. der Vegetations- aufnahme	Böden an 13 Probestellen (Probenahme 15.4.1989)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Boden	Forstkies													
	Bergahorn-Bestand, mit Arten trockener Standorte													
	Bergahorn-Pappel-Bestand, mit Arten trockener Standorte													
	Ulmen-Pappel-Bestand, mit Calamagrostis epigeios													
Durchschnittswerte für die Bestände auf Forstkies														
Festvolumen	Lößlehm													
	Rotbuchen-Bestand, ohne weitere Arten													
	Stieleichen-Rotbuchen-Bestand, mit Equisetum arvense und Rubus caesius													
	Pappel-Bestand, mit Tussilago farfara und Rubus caesius													
	Schwarzerlen-Pappel-Bestand, mit Impatiens noli-tangere													
	Pappel-Schwarzerlen-Bestand, mit Rubus caesius und Circaea lutetiana													
	Schwarzerlen-Pappel-Bestand, mit Urtica dioica													
	Pappel-Schwarzerlen-Stieleichen-Bestand, mit Tussilago farfara													
	Pappel-Bestand, mit Rubus caesius und Eupatorium cannabinum													
	Pappel-Robinien-Bestand, mit Feuchtezeigern													
	Pappel-Bestand, mit Dryopteris filix-mas													
	Durchschnittswerte für die Bestände auf Lößlehm													
	Bodentiefe	53,0	48,5	48,0	52,2	47,7	48,2	57,3	51,3	47,5	45,8	51,8	43,5	35,0	48,0
67,0		62,0	57,3	69,6	61,7	60,2	68,5	64,7	58,8	57,8	63,0	52,8	45,3	60,2
45-50 cm		59,2	53,5	66,2	56,8	52,8	71,8	68,7	55,5	60,5	62,5	57,6	52,5	60,5
Porenvolumen	47,0	51,5	52,0	47,8	52,3	51,8	42,7	48,7	52,5	54,2	48,2	56,5	65,0	52,0
	33,0	38,0	42,7	30,4	38,3	39,8	31,5	35,3	41,2	42,2	37,0	47,2	54,7	39,8
	45-50 cm	40,8	46,5	33,8	43,2	47,2	28,2	31,3	44,5	39,5	37,5	42,4	47,5	39,5

Tab. 5. Festvolumen (in cm³) und Porenvolumen (in cm³) der Böden an 13 Probestellen (Probenahme 15.4.1989).

Nr. der Vegetations- aufnahme Boden	Luftvolumen	Bodentiefe	
		0-5 cm	20-25 cm
1 Forstkies	34,0 29,4 32,5	32,5	35,0
		32,5	30,3
		34,0	32,0
		Durchschnittswerte für die Bestände auf Forstkies	
4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 Lößlehm	15,8 5,0 11,2 6,0 4,2 6,0 10,0 7,0 17,7 16,8 19,3 16,8 38,0 15,4	11,2	13,8
		13,8	13,8
		4,0	10,3
		4,0	2,3
		7,2	7,2
		11,0	11,0
		12,6	12,6
		8,2	8,2
		14,7	14,7
		6,2	6,2
		30,0	30,0
		19,0	19,0
		Durchschnittswerte für die Bestände auf Lößlehm	

Tab. 6. Luftvolumina (in cm³) der Böden an 13 Probestellen (Probenahme 15.4.1989).

Luftvolumen

Die Tabelle 6 zeigt, daß die mit Forstkies rekultivierten Standorte besonders hohe Luftgehalte besitzen. Die Luftvolumina nehmen hier in allen Proben fast ein Drittel des Gesamtvolumens und weit über die Hälfte des Porenvolumens ein. Demgegenüber weisen die Lößlehmböden im allgemeinen wesentlich niedrigere Luftgehalte auf. Ähnlich hohe Luftgehalte wie bei den Forstkiesstandorten wurden hier lediglich im Bereich des Baumbestandes Nr. 13 festgestellt.

Die höchsten Luftvolumina wurden bis auf wenige Ausnahmen (Nr. 5, 6 und 7) in den obersten Bodenschichten gemessen. Auffällig ist, daß sich an den meisten Standorten mit zunehmender Bodentiefe keine gleichmäßige Abnahme der Luftvolumina feststellen läßt. Die geringsten Luftvolumina finden sich vielmehr bei der überwiegenden Zahl der Standorte in den mittleren Bodenschichten. Dies beruht wahrscheinlich auf den in diesen Bodenschichten sehr häufig auftretenden Verdichtungen (vgl. die Angaben zum Festvolumen und zur Lagerungsdichte).

Wassergehalt in cm^3

Wie aus der Tabelle 7 hervorgeht, weisen die mit Forstkies rekultivierten Standorte nur relativ geringe Wassergehalte auf. Demgegenüber erreichen die Wassergehalte in den Lößlehmböden nicht selten ein Vielfaches der im Forstkies gemessenen Werte.

Die mittleren Bodenschichten zeichnen sich bei sämtlichen Forstkiesböden durch besonders niedrige Wassergehalte in cm^3 aus. Die gleiche Abfolge der Wassergehalte läßt sich auch bei einigen Lößlehmstandorten feststellen (Tab. 7, Nr. 7, 12 und 13).

Bei allen Standorten nehmen die Wassergehalte bis auf die genannten Abweichungen von den oberen zu den unteren Bodenschichten ab. Von den Lößlehmstandorten zeichnet sich die Probestelle 13 durch besonders niedrige Wasservolumina aus.

Wassergehalte in % des Porenvolumens

Die Tabelle 7, in der auch die Wassergehalte in % des Porenvolumens dargestellt sind, zeigt, daß zur Zeit der Probenahme die Porenvolumina der mit Forstkies rekultivierten Böden meist weniger als zu einem Drittel, die der Lößlehmböden dagegen überwiegend zu mehr als zwei Drittel, häufig sogar über drei Viertel mit Wasser gefüllt waren.

Die niedrigsten Wassergehalte in % des Porenvolumens weisen die mittleren Bodenschichten der Forstkiesstandorte auf. Demgegenüber erreichen die gleichen Bodenschichten der Lößlehmböden überwiegend besonders hohe Werte. Wie beim Wassergehalt in cm^3 zeichnet sich die Probestelle 13 von allen Lößlehmstandorten auch hier durch besonders niedrige Werte aus.

Den hohen Wassergehalten in den Lößlehmböden entspricht das Auftreten zahlreicher Feuchtezeiger auf diesen Standorten. Die Forstkiesböden sind dagegen als ausgesprochen trocken zu bezeichnen. Hier wächst, wie bereits erwähnt, eine große Zahl an trockene Standorte bevorzugenden Arten.

Lagerungsdichte

Die Lagerungsdichte (in g/cm^3) in den obersten Bodenschichten liegt meist zwischen 1,2 und 1,5 (Tab. 8). Wie bei den Festvolumina ist eine starke Zunahme der Lagerungsdichte mit wachsender Bodentiefe festzustellen. Bei etwa der Hälfte der Probestellen erreicht die Lagerungsdichte in mittleren Bodentiefen höhere Werte als in den untersten Bodenschichten. Dies bedeutet, daß in den mittleren Bodentiefen tatsächlich Bodenverdichtungen vorhanden sind, worauf bereits bei den entsprechenden Festvolumina hingewiesen wurde. Die oftmals ungleichmäßige Zunahme der Lagerungsdichte mit wachsender Bodentiefe ist somit gleichfalls als Hinweis anzusehen, daß ein „naturnaher“ Entwicklungsstand der Böden noch nicht erreicht ist.

Die hohen Lagerungsdichten in den mittleren Bodentiefen und die damit verbundene stärkere Verdichtung machen das Vorkommen der zahlreichen Feuchtezeiger auf den Lößlehm Böden verständlich.

Ob die durchschnittliche Lagerungsdichte von 1,33 für die Kiesböden und 1,24 für Lößböden charakteristisch für Waldböden auf diesen Standorten ist, läßt sich nur schwer beurteilen, da es auf vergleichbaren Substraten im Untersuchungsgebiet und der näheren Umgebung keinen Wald gibt. Nach Untersuchungen von DIERSSEN (1987) sowie SCHMIDT und WEDECK (1991),

Nr. der Vegetations- aufnahme	Boden	Wassergehalt in cm ³	Wassergehalt in % des Porenvolumens															
			Forstkies			Lößlehm												
1		13,0	Bergahorn-Bestand, mit Arten trockener Standorte															
			2	3	Bergahorn-Pappel-Bestand, mit Arten trockener Standorte													
					Ulmen-Pappel-Bestand, mit <i>Calamagrostis epigeios</i>													
			Durchschnittswerte für die Bestände auf Forstkies															
4		32,0	Rotbuchen-Bestand, ohne weitere Arten															
			5	6	Stieleichen-Rotbuchen-Bestand, mit <i>Equisetum arvense</i> und <i>Rubus caesius</i>													
					Pappel-Bestand, mit <i>Tussilago farfara</i> und <i>Rubus caesius</i>													
			7	8	Schwarzerlen-Pappel-Bestand, mit <i>Impatiens noli-tangere</i>													
					Pappel-Schwarzerlen-Bestand, mit <i>Rubus caesius</i> und <i>Circaea lutetiana</i>													
			9	10	Schwarzerlen-Pappel-Bestand, mit <i>Urtica dioica</i>													
					Pappel-Schwarzerlen-Stieleichen-Bestand, mit <i>Tussilago farfara</i>													
			11	12	Pappel-Bestand, mit <i>Rubus caesius</i> und <i>Eupatorium cannabinum</i>													
					Pappel-Robinien-Bestand, mit Feuchtezeigern													
			13		Pappel-Bestand, mit <i>Dryopteris filix-mas</i>													
					Durchschnittswerte für die Bestände auf Lößlehm													
			20-25 cm		11,2	27,7 36,9 32,7 32,4 66,9 88,5 88,4 76,6 85,6 66,3 69,0 60,0 70,3 41,5 71,8												
						45-50 cm		10,9 23,7 23,9 19,5 83,6 89,0 89,4 67,3 93,5 82,5 73,9 77,8 72,0 45,2 77,4										
25,6 27,9 26,9 26,8 66,9 68,1 70,8 85,8 87,2 64,5 68,1 60,8 85,4 60,0 71,8																		
0-5 cm		3,6	27,7 36,9 32,7 32,4 66,9 88,5 88,4 76,6 85,6 66,3 69,0 60,0 70,3 41,5 71,8															
			Bodentiefe		10,9 23,7 23,9 19,5 83,6 89,0 89,4 67,3 93,5 82,5 73,9 77,8 72,0 45,2 77,4													
					25,6 27,9 26,9 26,8 66,9 68,1 70,8 85,8 87,2 64,5 68,1 60,8 85,4 60,0 71,8													

Tab. 7. Wassergehalt in cm³ und Wassergehalt in % des Porenvolumens der Boden an 13 Probestellen (Probennahme 15.4.1989).

die allerdings im Bereich anderer Bodentypen durchgeführt wurden, liegen die Lagerungsdichten der obersten Bodenhorizonte in Wäldern meist bei 1,0 und darunter. Die Lagerungsdichten der rekultivierten Standorte erreichen somit Werte, die eher für Grünland- und Ackerstandorte charakteristisch sind, und lassen erkennen, daß noch kein für Waldböden charakteristischer Zustand erreicht worden ist. Eine Ausnahme bildet der Standort Nr. 13, der in den obersten Bodenschichten eine Lagerungsdichte von 0,91 aufweist und somit schon als recht „naturnah“ anzusprechen ist. Auch die Standorte Nr. 3 (Forstkies) und Nr. 12 (Lößlehm Boden) scheinen in der Richtung einer „naturnahen“ Entwicklung bereits vorangekommen zu sein.

Korndichte

Die durchschnittliche Korndichte (in g/cm^3 , Tab. 8) von Böden mit geringem Gehalt an organischer Substanz beträgt nach MÜCKENHAUSEN (1985) sowie SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (1982) bei etwa $2,65 \text{ g/cm}^3$. Die Korndichten der untersuchten Böden liegen überwiegend in diesem Bereich. Mit wachsender Bodentiefe tritt meist eine deutliche Zunahme der Korndichten auf.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß trotz des Fehlens geeigneter Vergleichsflächen in der Umgebung der Hochkippe eine Beurteilung zahlreicher Meßwerte im Hinblick auf den gegenwärtigen ökologischen Zustand der rekultivierten Böden möglich ist.

Bei den chemischen Bodendaten fällt auf, daß die Carbonat-Gehalte und die pH-Werte der tiefgründigen Lößlehm Böden im Vergleich zu Parabraunerden ungewöhnlich hoch sind. Die stark schwankenden Carbonat-Gehalte und die ungleichmäßige Verteilung der Austauschkapazität sind als Hinweise auf die Heterogenität des Schüttmaterials und eine darauf beruhende unterschiedliche Bodenentwicklung anzusehen. Andererseits zeigen die Abnahme der organischen Substanz und die Zunahme der pH-Werte von den oberen zu den unteren Bodenschichten an, daß bereits eine Bodenentwicklung eingesetzt hat.

Die bodenphysikalischen Werte lassen erkennen, daß die gemessenen Luft- und Wassergehalte sowie die Lagerungsdichten sehr stark von den Eigenschaften gewachsener Waldböden abweichen. In einer Bodentiefe von 20–25 cm wurde eine verdichtete Schicht angetroffen, die sich durch extrem niedrige Luft- und besonders hohe Wassergehalte auszeichnet.

Die Forstkiesböden zeigen bei zahlreichen Bodeneigenschaften eine ähnliche Entwicklung, allerdings oftmals in stark abgeschwächter Form.

In dem gegenwärtigen Zustand sind auf den untersuchten Böden keine ökologisch ausgewogenen und naturnahen Waldbestände zu erwarten.

5. Klimateigenschaften

Zur Ergänzung der ökologischen Bestandsaufnahme wurden schließlich noch Untersuchungen zum Klima in den Waldbeständen durchgeführt. Von den zahlreichen geländeklimatischen Eigenschaften konnten aus technischen und zeitlichen Gründen allerdings nur Boden- und Lufttemperaturen berücksichtigt werden. Bei der Auswahl der 7 Meßstandorte wurden nord- und südexponierte Flächen, Kies- und Lößlehm Böden sowie Waldbestände mit geschlossenem und aufgelockertem Kronendach berücksichtigt. Es wurden folgende Standorte erfaßt:

1. Standort 1, Forstkiesboden, offener Waldbestand, Südexposition.
2. Standort 2, Forstkiesboden, dichter Waldbestand, Südexposition.
3. Standort 3, Forstkiesboden, offener Waldbestand, Nordwestexposition.
4. Standort 12, Lößlehm Boden, offener Waldbestand, Südexposition.
5. Standort 4, Lößlehm Boden, dichter Waldbestand, Südexposition.
6. Standort 6, Lößlehm Boden, offener Waldbestand, Nordexposition.
7. Standort 13, Lößlehm Boden, dichter Waldbestand, Nordexposition.

An den gleichen Standorten wurden auch vegetationskundliche Bestandsaufnahmen und Untersuchungen zu den Bodeneigenschaften durchgeführt.

Die Messung der Lufttemperaturen erfolgte in Höhen von 150, 20 und 1 cm oberhalb der Bodenoberfläche. Die Bodentemperaturen wurden in 2, 5, 20 und 50 cm Bodentiefe gemessen. Der Meßzeitraum betrug 24 Stunden. Die Temperaturen wurden stündlich abgelesen. Alle Messungen erfolgten am 3. und 4. Mai 1989. Während des Meßzeitraumes traten weder Dunst, Nebel und Bewölkung noch stärkere Windbewegungen auf. Für die Messungen lagen somit sehr günstige Voraussetzungen vor. Aus Platzgründen ist es nicht möglich, sämtliche Meßda-

Nr. der Vegetations- aufnahme	Boden	Lagerungsdichte	Lagerungsdichte (g/cm ³) und Korndichte (g/cm ³) der Böden an 13 Probestellen (Probennahme 15.4.1989).																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
1	Forstkies	Berghorn-Bestand, mit Arten trockener Standorte	1,53	1,30	1,16	1,33	1,28	1,31	1,21	1,45	1,26	1,30	1,25	1,32	1,13	0,91	1,24		
			20-25 cm	1,64	1,65	1,52	1,60	1,80	1,70	1,73	1,78	1,76	1,63	1,64	1,64	1,46	1,24	1,64	
			45-50 cm	1,71	1,58	1,52	1,60	1,78	1,66	1,66	1,88	1,85	1,59	1,69	1,54	1,60	1,47	1,67	
			Bodentiefe	2,88	2,68	2,42	2,66	2,45	2,74	2,51	2,53	2,46	2,73	2,72	2,55	2,60	2,60	2,59	
2	Forstkies	Berghorn-Pappel-Bestand, mit Arten trockener Standorte	2,44	2,66	2,65	2,58	2,59	2,75	2,87	2,59	2,72	2,77	2,83	2,60	2,77	2,73	2,72		
			20-25 cm	3,04	2,67	2,84	2,85	2,69	2,92	3,14	2,61	2,69	2,86	2,79	2,46	2,77	2,80	2,77	
			45-50 cm																
			Bodentiefe																
3	Lößlehm	Ulmen-Pappel-Bestand, mit Calamagrostis epigeios	2,85	2,67	2,84	2,85	2,45	2,74	2,51	2,53	2,46	2,73	2,72	2,55	2,60	2,60	2,59		
			20-25 cm																
			45-50 cm																
			Bodentiefe																
4	Lößlehm	Durchschnittswerte für die Bestände auf Forstkies	2,85	2,67	2,84	2,85	2,45	2,74	2,51	2,53	2,46	2,73	2,72	2,55	2,60	2,60	2,59		
			20-25 cm																
			45-50 cm																
			Bodentiefe																
5	Lößlehm	Rotbuchen-Bestand, ohne weitere Arten	2,85	2,67	2,84	2,85	2,45	2,74	2,51	2,53	2,46	2,73	2,72	2,55	2,60	2,60	2,59		
			20-25 cm																
			45-50 cm																
			Bodentiefe																
6	Lößlehm	Stieleichen-Rotbuchen-Bestand, mit Equisetum arvense und Rubus caesius	2,85	2,67	2,84	2,85	2,45	2,74	2,51	2,53	2,46	2,73	2,72	2,55	2,60	2,60	2,59		
			20-25 cm																
			45-50 cm																
			Bodentiefe																
7	Lößlehm	Pappel-Bestand, mit Tussilago farfara und Rubus caesius	2,85	2,67	2,84	2,85	2,45	2,74	2,51	2,53	2,46	2,73	2,72	2,55	2,60	2,60	2,59		
			20-25 cm																
			45-50 cm																
			Bodentiefe																
8	Lößlehm	Schwarzerlen-Pappel-Bestand, mit Impatiens noli-tangere	2,85	2,67	2,84	2,85	2,45	2,74	2,51	2,53	2,46	2,73	2,72	2,55	2,60	2,60	2,59		
			20-25 cm																
			45-50 cm																
			Bodentiefe																
9	Lößlehm	Pappel-Schwarzerlen-Bestand, mit Rubus caesius und Circaea lutetiana	2,85	2,67	2,84	2,85	2,45	2,74	2,51	2,53	2,46	2,73	2,72	2,55	2,60	2,60	2,59		
			20-25 cm																
			45-50 cm																
			Bodentiefe																
10	Lößlehm	Schwarzerlen-Pappel-Bestand, mit Urtica dioica	2,85	2,67	2,84	2,85	2,45	2,74	2,51	2,53	2,46	2,73	2,72	2,55	2,60	2,60	2,59		
			20-25 cm																
			45-50 cm																
			Bodentiefe																
11	Lößlehm	Pappel-Schwarzerlen-Stieleichen-Bestand, mit Tussilago farfara	2,85	2,67	2,84	2,85	2,45	2,74	2,51	2,53	2,46	2,73	2,72	2,55	2,60	2,60	2,59		
			20-25 cm																
			45-50 cm																
			Bodentiefe																
12	Lößlehm	Pappel-Bestand, mit Rubus caesius und Eupatorium cannabinum	2,85	2,67	2,84	2,85	2,45	2,74	2,51	2,53	2,46	2,73	2,72	2,55	2,60	2,60	2,59		
			20-25 cm																
			45-50 cm																
			Bodentiefe																
13	Lößlehm	Pappel-Robinien-Bestand, mit Feuchtezeigern	2,85	2,67	2,84	2,85	2,45	2,74	2,51	2,53	2,46	2,73	2,72	2,55	2,60	2,60	2,59		
			20-25 cm																
			45-50 cm																
			Bodentiefe																
14	Lößlehm	Pappel-Bestand, mit Dryopteris filix-mas	2,85	2,67	2,84	2,85	2,45	2,74	2,51	2,53	2,46	2,73	2,72	2,55	2,60	2,60	2,59		
			20-25 cm																
			45-50 cm																
			Bodentiefe																
15	Lößlehm	Durchschnittswerte für die Bestände auf Lößlehm	2,85	2,67	2,84	2,85	2,45	2,74	2,51	2,53	2,46	2,73	2,72	2,55	2,60	2,60	2,59		
			20-25 cm																
			45-50 cm																
			Bodentiefe																

Tab. 8. Lagerungsdichte (g/cm³) und Korndichte (g/cm³) der Böden an 13 Probestellen (Probennahme 15.4.1989).

	Bergahorn-Bestand, mit Arten trockener Standorte aufgelockerter Bestand	Bergahorn-Pappel-Bestand, mit Arten trockener Standorte dichter Bestand	Ulmen-Pappel-Bestand, mit Calamagrostis epigeios aufgelockerter Bestand	Pappel-Robinien-Bestand, mit Feuchtezeigern aufgelockerter Bestand	Rotbuchen-Bestand, ohne weitere Arten dichter Bestand	Pappel-Bestand, mit Tussilago farfara und Rubus caesius aufgelockerter Bestand	Pappel-Bestand, mit Dryopteris filix-mas dichter Bestand
Nr. der Vegetationsaufnahme	1	2	3	12	4	6	13
Boden	Forstkies			Löblehm			
Exposition	S	S	NW	S	S	N	N
<u>Maxima der Lufttemperaturen (°C)</u>							
Höhe über dem Boden							
1 cm	25,9	26,2	23,8	28,5	22,8	22,1	22,3
30 cm	29,5	28,1	24,2	27,8	22,5	21,4	21,9
150 cm	29,1	29,0	26,8	25,0	14,9	18,8	19,9
<u>Maxima der Bodentemperaturen (°C)</u>							
Bodentiefe							
2 cm	22,6	22,6	14,8	20,5	12,1	13,5	13,2
5 cm	19,9	20,3	13,5	19,4	11,8	12,2	12,6
20 cm	16,6	16,7	12,1	17,1	11,3	10,9	12,1
50 cm	12,9	13,1	10,3	12,0	9,3	9,0	10,0

Tab. 9. Maxima der Luft- und Bodentemperaturen (°C) an 7 Probestellen (Meßzeitraum 3. und 4. Mai 1989).

ten aufzuführen. Hier konnten nur die Temperaturmaxima und -minima sowie die Temperaturamplituden berücksichtigt werden (Tab. 9, 10 und 11).

Die Temperaturen in Waldbeständen, die ein mehr oder weniger geschlossenes Kronendach aufweisen und somit im Hinblick auf den Deckungsgrad der Baumschicht einen naturnahen Aufbau besitzen, zeichnen sich durch niedrige Maxima, hohe Minima und geringe Amplituden während eines Tagesganges aus. Ziel der Temperaturmessungen war es zu prüfen, ob in den Waldbeständen auf der „Vollrathen Höhe“ bereits eine Entwicklung in die genannte Richtung stattgefunden hat.

5.1 Bodentemperaturen

Der Tabelle 9 ist zu entnehmen, daß die Bodentemperaturen an allen Standorten während des Tages mit wachsender Bodentiefe allmählich abnehmen. Die höchsten Temperaturen treten, wie nicht anders zu erwarten, im Bereich der Südhänge auf. Eine Ausnahme bildet dabei der Standort 4. Es handelt sich um einen geschlossenen Buchenbestand, in dem weder Sträucher noch Kräuter wachsen. Der Boden ist mit einer dicken Schicht aus Laubstreu bedeckt, die den darunterliegenden Boden gegen eine Erwärmung abschirmt. Daher wurden hier in den obersten Bodenschichten trotz der südlichen Exposition die niedrigsten Temperaturen von allen Standorten gemessen. Der Buchenwald ist somit, jedenfalls im Hinblick auf die Bodentemperaturen, nicht mit den übrigen Meßpunkten des Untersuchungsgebietes zu vergleichen.

	Bergahorn-Bestand, mit Arten trockener Standorte aufgelockerter Bestand	Bergahorn-Pappel-Bestand, mit Arten trockener Standorte dichter Bestand	Ulmen-Pappel-Bestand, mit Calama- grostis epigeios aufgelockerter Bestand	Pappel-Robiniën-Bestand, mit Feuchtezeigern aufgelockerter Bestand	Rotbuchen-Bestand, ohne weitere Arten dichter Bestand	Pappel-Bestand, mit Tussilago farfara und Rubus caesius aufgelockerter Bestand	Pappel-Bestand, mit Dryopteris filix-mas dichter Bestand
Nr. der Vegetationsaufnahme	1	2	3	12	4	6	13
Boden	Forstkies			Lößlehm			
Exposition	S	S	NW	S	S	N	N
<u>Minima der Lufttemperatu- ren (°C)</u>							
Höhe über dem Boden							
1 cm	8,8	9,7	9,1	10,4	10,6	10,4	10,2
30 cm	8,2	9,1	8,5	10,2	10,2	10,0	9,7
150 cm	9,2	10,0	8,8	12,2	10,3	10,0	9,9
<u>Minima der Bodentemperatu- ren (°C)</u>							
Bodentiefe							
2 cm	11,3	11,9	10,5	12,7	10,1	10,2	10,6
5 cm	11,7	12,1	10,4	12,7	10,1	10,2	10,7
20 cm	12,2	12,4	10,8	12,9	10,0	9,8	10,7
50 cm	12,0	13,1	10,1	11,2	8,9	8,5	9,5

Tab. 10. Minima der Luft- und Bodentemperaturen (°C) an 7 Probestellen (Meßzeitraum 3. und 4. Mai 1989).

Mit Ausnahme des Standortes 4 (Buchenwald auf Lößlehm) weisen die Böden mit südlicher Exposition die mit Abstand höchsten Temperaturen auf. Selbst in Bodentiefen von 50 cm erreichen die Temperaturen hier noch um bis zu 5 °C höhere Werte als in vergleichbaren Bodentiefen auf Nordhängen.

In der Nacht kommt es bei allen Böden, vor allem in den oberen Bodenschichten, zu einer mehr oder weniger starken Abkühlung. Sie ist besonders stark im Bereich der Forstkiesstandorte mit südlicher Exposition (Tab. 10, Nr. 1 u. 2). Das Ausmaß der Abkühlung wird u. a. an den hohen Temperaturamplituden deutlich (Tab. 11).

Die besonders starke nächtliche Abkühlung der Forstkiesböden mit südlicher Exposition läßt sich weiterhin daran erkennen, daß die Temperaturminima hier von den oberen zu den mittleren Bodenschichten, bis zu einer Tiefe von 20 cm, meist deutlich zunehmen, während bei den Lößlehm Böden teils eine geringe Zunahme, teils aber auch eine geringe Abnahme der Minima festzustellen ist.

Von Interesse sind ferner die Temperaturamplituden in den obersten Bodenschichten (2 cm Bodentiefe), da hier besonders hohe Schwankungen auftreten. Die Tagesamplituden erreichen in den Beständen auf den Südhängen mit Ausnahme des bereits erwähnten Buchenbestandes mit Werten zwischen 7,8 und 11,3 °C die mit Abstand höchsten Werte. In allen Beständen mit nördlicher Exposition liegen die Amplituden dagegen nur zwischen 2,5 und 4,3 °C. Der Buchenwald ohne Strauch- und Krautvegetation weist eine Tagesamplitude von 2 °C auf.

Die ziemlich niedrigen Tagesamplituden in den obersten Bodenschichten der Lößlehm Böden auf den Nordhängen und im Buchenwald auf dem Südhang sind als Zeichen dafür zu werten, daß bei größeren Teilen der mit Wald rekultivierten Standorte das Bodenklima, insbesondere die Bodentemperaturen, schon als recht „naturnah“ anzusprechen ist. Der Buchenwald ohne Strauch- und Krautschicht zeigt darüber hinaus, daß neben Bodenart und Wasserhaushalt auch die Laubstreubedeckung und der Deckungsgrad der Baumschicht die Bodentemperaturen entscheidend beeinflussen.

Vergleicht man die Bodentemperaturen der oberen Bodenschichten nicht nur unter Berücksichtigung der Expositionsunterschiede miteinander, sondern auch danach, ob geschlossene oder aufgelockerte Bestände bzw. Löß- oder Kiesböden vorhanden sind, ergeben sich meist ebenfalls bemerkenswerte Unterschiede.

5.2 Lufttemperaturen

Die Temperaturmaxima und -minima sowie die Temperaturamplituden der Lufttemperaturen sind ebenfalls in den Tabellen 9, 10 und 11 dargestellt. Ihre Interpretation stößt jedoch häufiger als bei den Bodentemperaturen auf erhebliche Schwierigkeiten.

Die höchsten Lufttemperaturen wurden im Bereich der Südhänge gemessen. Ähnlich wie bei den Bodentemperaturen weisen die Lößlehmstandorte überwiegend niedrigere Maxima auf als

	Bergahorn-Bestand, mit Arten trockener Standorte aufgelockerter Bestand	Bergahorn-Pappel-Bestand, mit Arten trockener Standorte dichter Bestand	Ulmen-Pappel-Bestand, mit Calama- grostis epigeios aufgelockerter Bestand	Pappel-Robinien-Bestand, mit Feuchtezeigern aufgelockerter Bestand	Rotbuchen-Bestand, ohne weitere Arten dichter Bestand	Pappel-Bestand, mit Tussilago farfara und Rubus caesius aufgelockerter Bestand	Pappel-Bestand, mit Dryopteris filix-mas dichter Bestand
Nr. der Vegetationsaufnahme	1	2	3	12	4	6	13
Boden	Forstkies			Lößlehm			
Exposition	S	S	NW	S	S	N	N
<u>Tagesamplituden der Lufttemperaturen (°C)</u>							
Höhe über dem Boden							
1 cm	17,1	16,5	14,7	18,1	12,2	11,7	12,1
30 cm	21,3	19,0	15,7	17,6	12,3	11,4	12,2
150 cm	19,9	19,0	18,0	12,8	4,6	8,8	10,0
<u>Tagesamplituden der Bodentemperaturen (°C)</u>							
Bodentiefe							
2 cm	11,3	10,7	4,3	7,8	2,0	3,2	2,5
5 cm	8,2	8,2	3,1	6,7	1,7	2,0	1,9
20 cm	4,4	4,3	1,3	4,2	1,3	1,1	1,4
50 cm	0,9	0,0	0,2	0,8	0,4	0,5	0,5

Tab. 11. Tagesamplituden der Luft- und Bodentemperaturen (°C) an 7 Probestellen (Meßzeitraum 3. und 4. Mai 1989).

die entsprechenden Forstkiesflächen. Auffällig ist jedoch, daß die höchsten Meßwerte im Bereich der Lößstandorte in Bodennähe, die im Bereich der Forstkiesböden dagegen in 150 cm über dem Boden anzutreffen sind.

Die niedrigsten Minima der Lufttemperaturen treten ausnahmslos im Bereich der Forstkiese auf. Die höchsten Minima sind auf die Lößlehm Böden beschränkt und lassen sich vorzugsweise in Bodennähe feststellen. Die Unterschiede in den Minimumtemperaturen sind insgesamt verhältnismäßig gering, da sich die Werte der Lufttemperaturen während der nächtlichen Abkühlung allmählich aneinander angleichen.

Erhebliche Unterschiede lassen sich zwischen den Forstkies- und Lößlehmstandorten bei den Tagesamplituden feststellen. Im Bereich der Lößlehmstandorte treten wesentlich niedrigere Amplituden auf als bei den Forstkiesstandorten. Auffällig ist wiederum, daß die höchsten Amplituden im Bereich der Waldbestände auf Lößlehm in Bodennähe, bei den Probestellen auf Forstkies dagegen in 150 cm über dem Boden auftreten.

Zwischen der besonders starken Abkühlung der Forstkiesböden und den niedrigen Temperaturen der bodennahen Luftschichten im Bereich der gleichen Standorte ist mit engen Beziehungen zu rechnen. Der geringe Wassergehalt der Forstkiesböden dürfte für die erhebliche Abkühlung eine bedeutende Rolle spielen. Das Ausmaß der Abkühlung der bodennahen Luft bzw. der Kaltluftbildung läßt sich einmal an den besonders niedrigen Lufttemperaturen in Bodennähe (Tab. 10) und den hohen Temperaturamplituden (Tab. 11) ablesen, zum anderen aber auch an der Differenz zwischen den Minima der Lufttemperaturen in 1 cm über dem Boden und den Minima der Temperaturen in 2 cm Bodentiefe erkennen (Tab. 10). Im Bereich der Forstkiese erreichen die Temperaturdifferenzen Werte zwischen $-1,4$, und $-2,5$ °C (vgl. Tab. 10). Einen ähnlich niedrigen Wert besitzt auf Lößlehm mit $-2,3$ °C der aufgelockerte Baumbestand Nr. 12. Die Temperaturdifferenzen im Bereich der übrigen Lößlehmstandorte sind jedoch deutlich geringer. 2 der 4 Standorte auf Lößlehm (Nr. 4 und 6) weisen mit $+0,5$ und $+0,2$ °C sogar positive Temperaturdifferenzen auf. An den Standorten mit positiven Werten dürfte sich, abgesehen von der normalen Abkühlung, so gut wie keine zusätzliche Kaltluft gebildet haben.

Es ist damit zu rechnen, daß die Standorte mit verstärkter Kaltluftbildung auch Bereiche mit einer erhöhten Gefährdung durch Früh- und Spätfröste darstellen.

Die Boden- und Lufttemperaturen lassen erkennen, daß in geschlossenen Baumbeständen das Bestandsklima bereits als relativ „naturnah“ anzusprechen ist. Alle übrigen forstlich rekultivierten Flächen sind von diesem Zustand noch weit entfernt. Die Beurteilung wird jedoch dadurch erschwert, daß auch die Exposition und das für die Rekultivierung verwendete Gesteins- und Bodenmaterial sowie die Bodenart und der jeweilige Wassergehalt die klimatischen Eigenschaften erheblich beeinflussen.

6. Maßnahmen zur Verbesserung des ökologischen Zustandes

Oben wurde dargelegt, daß im Bereich der forstlich rekultivierten Flächen der „Vollrathen Höhe“ die Bodeneigenschaften und meist auch die boden- und luftklimatischen Eigenschaften, vor allem aber die Artenzusammensetzung der heute vorhandenen Waldbestände, etwa 20–30 Jahre nach der Rekultivierung noch ziemlich naturfern sind. Es stellt sich die Frage, ob es möglich ist, die gegenwärtige Situation zu verbessern.

Zunächst gibt es die Möglichkeit, die nicht bodenständigen Baumarten wie *Alnus glutinosa*, *Populus spec.* und *Ulmus carpinifolia* allmählich aus den Beständen zu entfernen und durch *Fagus sylvatica* zu ersetzen. Vielleicht genügt es in vielen Fällen auch, *Fagus sylvatica* durch verstärktes Nachpflanzen zu fördern und ihr damit im Laufe der Sukzession die Vorherrschaft in den Waldbeständen zu ermöglichen. Dadurch dürfte sich im Laufe der Zeit auch die Artenzusammensetzung der Krautschicht ändern. Allerdings ist dabei kaum zu erwarten, daß die Zahl der Waldarten zunimmt.

Bereits im Jahre 1975 wurde von WEDECK im Rahmen der forstlichen Rekultivierung der Außenkippe „Sophienhöhe“ des Großtagebaues Hambach vorgeschlagen zu prüfen, ob Oberbodenmaterial aus dem Gebiet des Hambacher Forstes für die Rekultivierung verwendet werden kann, um die Leistungsfähigkeit der Standorte zu erhöhen und möglichst vielen Arten aus

dem Bereich des Tagebaues Hambach neue Lebensmöglichkeit zu bieten. Im Jahre 1984 wurde erstmals eine Verbringung von Bodenmaterial aus dem Hambacher Forst durchgeführt (WOLF 1987). Welchen Erfolg derartige Maßnahmen auf die Dauer haben, bleibt jedoch abzuwarten.

Auf einigen forstlich rekultivierten Flächen der „Vollrather Höhe“, insbesondere auf Lößstandorten, hat sich bereits eine ziemlich dichte Krautschicht entwickelt, in der an einigen Stellen auch Waldarten eine Rolle spielen. Hier dürften gute Chancen bestehen, durch eine Verbringung von geeignetem Waldbodenmaterial eine große Zahl weiterer Waldarten anzusiedeln. Wahrscheinlich würden bereits kleine Flächen als Initialbereiche für die weitere Ausbreitung genügen. Auch die boden- und luftklimatischen Eigenschaften dürften sich im Laufe der weiteren Entwicklung verbessern.

Literatur

- BENDERMACHER, J. (1964): Die landschaftliche Gestaltung der im Stadtgebiet Grevenbroich entstehenden Hochhalde Vollrath. — 10 Jahre Landschaftspflege im Rheinland 1953—1963. Schriftenreihe Minister für Landesplanung, Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten des Landes NRW, S. 87—100. Düsseldorf.
- DARMER, G. (1979): Landschaft und Tagebau. — Bd. 1, Ökologische Leitbilder für die Rekultivierung. 150 S. Berlin, Hannover.
- DIERSSEN, J. (1987): Über den Einfluß der Nutzung auf einige ausgewählte Bodeneigenschaften und die Bedeutung von Bodenveränderungen für Fragen der Landespflege — dargestellt an Beispielen aus dem Raum Höxter. 144 S. Höxter (unveröffentlichte Diplomarbeit).
- DILLA, L. (1983): Die forstliche Rekultivierung im Rheinischen Braunkohlenrevier. Geschichte der Rekultivierungsperioden und künftige Zielsetzung. Allgemeine Forstzeitschrift **48**, 1278—1283.
- HEIDE, G. & SCHALICH, J.: Boden. In: Gutachten des Geologischen Landesamtes Nordrhein-Westfalen über die Auswirkungen des geplanten Tagebaues Hambach auf die Umwelt. Krefeld 1975.
- HOCHHÄUSER, H. (1966): Die geologische Zusammensetzung des Kippenmaterials und dessen Berücksichtigung bei der forstlichen Rekultivierung. — Braunkohle, Wärme und Energie **1**, 7—14. Düsseldorf.
- HORBERT, M. und SCHÄPEL, C. (1986): Klimatische Untersuchungen an Bergehalden im Ruhrgebiet. — Hrsg. Kommunalverband Ruhrgebiet. 55 S. Essen.
- Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg. 1987): Topographische Karte 1 : 25 000, 4905 Grevenbroich.
- MÜCKENHAUSEN, E. (1985): Die Bodenkunde und ihre geologischen, geomorphologischen, mineralogischen und petrologischen Grundlagen. — 579 S. Frankfurt am Main.
- SCHAEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. (1982): Lehrbuch der Bodenkunde. — 11. Aufl., 425 S., Stuttgart.
- SCHMIDT, U. & WEDECK, H. (1991): Umweltverträglichkeitsprüfung zur Erweiterung eines Golfplatzes bei Sprockhövel. — Schr.-Reihe Landespflege Höxter **2**, 65 S. Höxter.
- SEEMANN, J. (1970): Die agrarmeteorologischen Verhältnisse auf Hochhalden des Rheinischen Braunkohlengebietes. — Die Landschaftspflege in der Raumordnung, 41—57. Bonn.
- TRAUTMANN, W. et al. (1973): Vegetationskarte der Bundesrepublik Deutschland 1 : 200 000 — Potentielle natürliche Vegetation — Blatt CC 5502 Köln. Schr.-Reihe Vegetationskunde **6**. 172 S. Bonn-Bad Godesberg.
- WEDECK, H. (1975): Ökologisches Gutachten zum geplanten Braunkohlentagebau Hambach. Teil: Vegetation. 47 S. Aachen (unveröffentlicht).
- WINTER, K. (1983): Bodentypen und Bodenmaterial für die forstwirtschaftliche Rekultivierung. — Allgemeine Forstzeitschrift **48**, 1283—1286.
- WITTING, R. et al. (1985): Die Buchenwälder auf den Rekultivierungsflächen im Rheinischen Braunkohlenrevier: Artenkombination, pflanzensoziologische Stellung und Folgerungen für zukünftige Rekultivierungen. — Angew. Botanik **59**, 85—112.
- WOLF, G. (1987): Untersuchungen zur Verbesserung der forstlichen Rekultivierung mit Altwaldboden im Rheinischen Braunkohlenrevier. — Natur und Landschaft **9**, 364—368.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Decheniana](#)

Jahr/Year: 1993

Band/Volume: [146](#)

Autor(en)/Author(s): Wedeck Horst, Nagler Michael

Artikel/Article: [Über den ökologischen Zustand der Waldflächen auf der Hochkippe „Vollrather Höhe“ bei Grevenbroich 20—30 Jahre nach der Rekultivierung 56-81](#)