

Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde
Herausgegeben vom Geographischen Institut der Universität Bonn
ISSN 0373-7187

Heft 19

**Landschaftsökologische Untersuchungen
im ausgekohlten rheinischen
Braunkohlenrevier auf der Ville**

von

Hermann Josef Bauer

1963

Bonn

Hermann Josef Bauer, Landschaftsökologische Untersuchungen im
ausgekohlten Braunkohlenrevier auf der Ville

Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde

Herausgegeben vom Geographischen Institut der Universität Bonn

durch Carl Troll und Karlheinz Paffen

Schriftleitung: Hans Voigt

Heft 19

Hermann Josef Bauer

Landschaftsökologische Untersuchungen im ausgekohlten rheinischen Braunkohlenrevier auf der Ville

1963

In Kommission bei
Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn

Landschaftsökologische Untersuchungen
im ausgekohlten rheinischen
Braunkohlenrevier auf der Ville

von

Hermann Josef Bauer

Mit 14 Figuren, 19 Tabellen, 3 Karten und 30 Abbildungen
auf Kunstdrucktafeln

In Kommission bei
Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn

 *ümmle**r**buch 7479*

Diese Veröffentlichung wurde durch Druckkostenbeihilfen
des Landschaftsverbandes Rheinland in Köln ermöglicht

Alle Rechte vorbehalten

Druck von Richard Mayr in Würzburg

Vorwort des Herausgebers
Über Landschafts-Sukzession
VON C. TROLL

Das Pflanzenkleid einer Landschaft und die Verteilung der Lebensgemeinschaften oder Biozönosen sind der sichtbare Ausdruck der von Standort zu Standort wechselnden ökologischen Bedingungen, von Klima, Gestein und Verwitterungsböden, Geländeformen, Geländeklima und Bodenwasser. Die Abhängigkeiten sind durchaus wechselseitige, insofern auch die Pflanzendecke Einfluß auf Bodenbildung und Bodenwasser hat und das Kleinklima oder Bestandesklima erzeugt. Auch Tiere können ganz besondere Standortsbedingungen schaffen. Das gesamte Wirkungsgefüge eines Standorts einschließlich der Lebewelt nennen wir ein Ökosystem, das Studium einer Landschaft nach ihrer naturräumlich-ökologischen Ordnung Landschaftsökologie. Der bodenbewirtschaftende Mensch nutzt die naturgegebenen Möglichkeiten für seine Zwecke, verändert die natürliche Lebensgemeinschaft mehr oder weniger — er tritt somit als weiterer ökologischer Faktor zu den natürlichen hinzu — oder er setzt infolge seiner Bodenwirtschaft ganz neue, künstliche Lebensgemeinschaften an ihre Stelle. Die Pflanzensoziologie hat für die von Menschen erzeugten Pflanzengesellschaften den Begriff der „Ersatzgesellschaften“ geprägt (TÜXEN 1932) und studiert auch diese nach ihrem pflanzensoziologischen Aufbau, z. B. Weiden und Wiesen, künstliche Forsten, Unkrautgesellschaften oder lebende Hecken.

Aber auch reine Naturlandschaften sind keineswegs stationäre Systeme. Aus der geomorphologischen Dynamik der Erdoberfläche ergibt sich, daß durch Abtragungs- oder Aufschüttungsvorgänge in der Natur ständig Neuland entsteht, das einer Besiedlung durch Pflanzen und Tiere unterliegt. Die Schotter- oder Sandbänke der Flüsse, die Dünen der Meeresküste, das Vorgelände rückgehender Gletscher, die Verlandungszonen der Seen, junge Vulkanaufschüttungen, Bergstürze und Erdschlipfe sind Beispiele dafür. Von der Erstbesiedlung bis zur Ausbildung eines stationären Ökosystems folgen verschiedene Entwicklungsstadien von Lebensgemeinschaften aufeinander. Schon 1825 wurde von DUREAU DE LA MALLE für diese Entwicklungsreihen der Begriff der Sukzession geprägt. Dem Begründer der ökologischen Pflanzengeographie EU. WARMING (1896) gebührt das Verdienst, das Studium der Erstbesiedlungen und der weiteren Entwicklungsphasen in das Gebäude der Pflanzengeographie eingeführt zu haben. Er schreibt: *„Wenn irgendwo ein neuer Boden auftritt, so wird er bald von Pflanzen erobert werden. Es ist sehr anziehend, die weitere Entwicklung der Vegetation in allen ihren Phasen zu verfolgen. Man wird Zeuge einer langen Reihe von Kämpfen zwischen den nacheinander einwandernden Arten werden; diese Kämpfe werden bisweilen erst in vielen Jahrzehnten einen relativen Abschluß erreichen.“*

Die Sukzessionslehre wurde sodann methodisch in Amerika von H. C. COWLES und F. E. CLEMENTS im Rahmen ihres Lehrgebäudes der dynamischen Pflanzenökologie entwickelt. COWLES studierte die Vegetation der Sanddünen des Michigansees und forderte (1899): „*The ecologist must study the order of succession of the plant societies in the development of a region... ecology is, therefore, a study of dynamics.*“ Zwei Jahre später (1901) sah er die Sukzession der Pflanzenvereine im größeren Zusammenhang mit der geomorphologischen Entwicklung („*physiographic ecology*“). Entsprechend den morphologisch-edaphischen Verhältnissen unterschied er bereits bestimmte „Serien“ von Sukzessionen, z. B. eine pond-swamp-prairie-series, eine beach-dune-sandhill-series etc. Daraus ist dann durch CLEMENTS, der das Wort series durch sere ersetzte, eine Klassifikation der durch besondere edaphische Bedingungen bestimmten Sukzessionsserien entstanden. Er unterscheidet zunächst zwischen primary sere („*prisere*“), wenn die Sukzession beim völlig unbesiedelten natürlichen Substrat beginnt, und die secondary sere („*subsere*“), wenn eine neue Entwicklung durch einen künstlichen, vom Menschen erzeugten Eingriff ausgelöst wird (z. B. Waldschlag, Brandflächen, Beweidung). Im übrigen unterschied die amerikanische Schule ebenso wie die stark auf sie gegründete britische unter Führung von A. G. TANSLEY (1911, 1920, 1926, 1939) nach dem Wasserhaushalt zwischen hydroseres und xeroseres, und weiter bei den ersteren zwischen *haloseres* (Salzböden) und *oxyseres* (saure Böden), bei den letzteren zwischen *psammoseres* (Sandböden) und *lithoseres* (Felsböden). Der geographischen Vielfalt der Natur werden allerdings diese Begriffe keineswegs gerecht.

COWLES hatte 1901 zwischen progressiver und regressiver Sukzession unterschieden und damit eine bis heute anhaltende Diskussion ausgelöst (siehe unten!). A. NILSSON (1899) hatte schon vorher eine solche Unterscheidung am Beispiel eines in die Höhe wachsenden und durch Erosionskomplexe wieder zum Teil abgetragenen Hochmoores gemacht. COWLES verstand unter regressiven Phasen Veränderungen durch morphologische Vorgänge, z. B. durch Seitenerosion eines mäandrierenden Flusses, durch Einschneiden und Terrassenbildung eines Flusses, durch Windabbläsung von Dünen etc. CLEMENTS dagegen lehnte den Begriff einer retrogression als Rückwärtsentwicklung einer Sukzession entschieden ab (1911 und später). Bei TANSLEY (1911) aber wurde Regression vorwiegend als Degenerationsprozeß, bedingt durch menschliche Eingriffe aufgefaßt, während in der neuen deutschen Pflanzensoziologie alle vom Menschen erzeugten Serien von Ersatzgesellschaften als regressiv bezeichnet werden, also etwa auch eine gedüngte Fettweide, die an die Stelle eines oligotrophen Eichen-Birkenwaldes getreten ist (J. SCHMITHÜSEN 1959, S. 147).

Aus der Sukzessionslehre entwickelte F. E. CLEMENTS die Klimalexikologie. Schon 1863 hatte KERNER VON MARILAUN bei der Beschreibung des Pflanzenlebens der Donauländer von dem „*Schlußglied einer Kette von Umwandlungen*“ der Vegetation gesprochen. CLEMENTS (1916) legte dar, daß die zunehmende Ansiedlung („*Invasion*“) von Pflanzen im Laufe einer Sukzession zur Stabilisierung, zur Kulmination einer permanenten Population führt, die

sich in voller Harmonie mit den stabilen Standortsbedingungen befindet. Dieses Endglied der aufsteigenden Entwicklung benannte er mit dem griechischen Wort „CLIMAX“ (= Leiter). Es weist jeweils die größte Mannigfaltigkeit im Vegetationsaufbau, die größte Bodenreife und auch die größte Produktivität der natürlichen Folge auf. In der ganzen Sukzession vom Pionierstadium bis zum Klimax sah CLEMENTS den Wachstumsvorgang eines Organismus: „*The unit of vegetation, the climax formation, is an organic entity. As an organisme the formation arises, grows, matures and dies.*“

Viel einschneidender war die parallele geographische Hypothese, daß sich auf lange Sicht auch die Landformen mehr und mehr zu einer ebenen Fläche ausgleichen müßten und daß durch die „climax convergence“ auch die Bodenunterschiede soweit verschwinden würden, daß im Endzustand die Klimaxformation nur noch vom Klima beherrscht würde. Diese klimatische Klimaxtheorie oder Monoklimaxtheorie wurde von europäischen Vegetationsforschern zwar von Anfang an mit einer gewissen Reserve aufgenommen. Aber die Übernahme in die pflanzensoziologische Begriffsbildung durch J. BRAUN-BLANQUET hat ihr auch hier eine breite Wirkung verschafft. In der ersten Auflage seiner „Grundzüge“ (1928) schrieb er: „*Alle Serien eines natürlichen, klimatisch einheitlichen Gebiets müssen im Laufe der Zeit bei zunehmender Bodenreife zur klimatischen Schlußgesellschaft führen . . . die Gesamtheit aller Entwicklungsserien, die zu einer bestimmten klimatischen Schlußgesellschaft hinführen, bezeichnet man als Klimaxkomplex, das von einem Klimaxkomplex umspannte Gebiet als Klimaxgebiet.*“

Die Beobachtung in der Natur widerspricht der deduktiv gewonnenen Monoklimaxlehre. Auch völlig ausgereifte natürliche Pflanzenbestände, selbst in ebenem Gelände, zeigen recht verschiedene Zusammensetzung je nach dem Gesteinsuntergrund (Ausgangsgestein und Bodenart) und den Grundwasserhältnissen, also nach den edaphischen Standortsfaktoren. Die Monoklimaxlehre hält den Erfahrungen der ökologischen Landschaftsforschung, die das Wirkungsgefüge nicht nur der Vegetation, sondern aller Faktoren des Ökosystems und die räumliche Ordnung der Ökotope im Gesamtaufbau der Landschaft im Auge hat, in keiner Weise stand. Die edaphische Differenzierung eines makroklimatisch einheitlichen Gebietes ist eine Grundtatsache der Vegetationskunde, die sich einer zusammenschauenden Betrachtung der gesamten Umwelt überzeugend erschließt.

Es war daher ein großer Fortschritt, daß G. E. NICHOLS (1917 und 1923) die Klimaxlehre von CLEMENTS um die Begriffe *edaphic climax*, *physiographic climax* oder *topoclimax* bereicherte. CLEMENTS selbst hatte schon 1916, offenbar aus einem Gefühl des Nichtbefriedigtseins heraus, von einem *potential climax* gesprochen und dem die allerdings recht verschwommen definierten Begriffe *subclimax*, *postclimax* und *praeclimax* gegenübergestellt, und später (1934 und 1936) noch ein *proclimax*, *disclimax* (= *disturbance climax*), *serclimax* (statt *seral climax*), *eoclimax* und *panclimax* hinzugefügt. Welche Verwirrung in der Anwendung des Wortes Klimax daraufhin in der pflanzensoziologischen Literatur entstanden ist, hat R. H. WHITTAKER (1953) in einer tiefeschürfenden und kritischen, mit der internationalen Literatur bestens doku-

mentierten Darstellung der Klimaxlehre gezeigt, auf die nachdrücklich verwiesen sei. Die weiteren folgenden Begriffe sind gebildet worden: *fire climax* (oder *pyroclimax*), *aquatic cl.*, *biotic cl.*, *anthropeic cl.*, *anthropocl.*, *archeological disclimax*, *paraclimax*, *conclimax*, *anteclimax*, *peniclimax*, *trans-*, *meta-* und *euclimax*, *plagioclimax* (oder *deflected cl.*), *pseudoclimax*, *quasiclimax*, *coclimax*, *pedoclimax*, *salt-spray-cl.*, *superclimax*. WHITTAKER sagt wohl mit Recht: „*The climax formation of Clementsian ecology might be discribed as a terminological jungle.*“

Letzten Endes sind alle diese Wortbildungen ein Ausdruck dafür, daß die natürlichen Schlußgesellschaften von einer Fülle von Standortbedingungen abgewandelt sind. Dabei ist manchmal selbst zwischen natürlichen und anthropogenen Faktoren schwer eine scharfe Grenze zu ziehen, wie der Begriff des *fire climax* zeigt. Denn es ist in tropischen Grasländern mit ausgesprochener Trockenzeit keineswegs sicher, daß bei Ausschaltung des künstlichen Grasbrennens gelegentliche Blitzzündungen nicht eine ähnliche oder gar stärkere selektive Wirkung auf die Pflanzenwelt hätten. Es ist auch nicht einfach, einzelne Faktoren aus dem ökologischen Wirkungsgefüge herauszuschälen. R. TÜXEN und H. DIEMONT (1937) haben auf Grund von Vegetationskartierungen in Niedersachsen zwei Faktoren herausgestellt, die entscheidenden Einfluß auf die lokale Abwandlung der Klimaxgesellschaften haben: das vom Gelände bedingte Topoklima, besonders die Unterschiede der Strahlungsexposition, und das verschiedene Ausgangsgestein. Im ersten Fall sprechen sie von *Klimaxschwärm*, im zweiten von *Klimaxgruppe*. Damit war von der Pflanzensoziologie her eine klare Absage an die Monoklimaxlehre erteilt, man sprach aber schon lange vorher in der britischen Schule und spricht seither sehr oft von der Polyklimaxlehre. Das schließt aber nicht aus, daß man für die Charakterisierung größerer Gebiete und Landschaften, die ja eine generalisierende Betrachtung erheischen, die vorherrschenden Schlußgesellschaften zugrundelegt, wie es WHITTAKER (1951) mit dem „*prevailing climax*“ vorgeschlagen hat, die man dann durch die häufiger vorkommenden, landschaftlich bezeichnenden „*edaphischen Varianten*“ ergänzen kann. Dies aber erfordert bereits eine geographisch-landschaftsökologische Gesamtschau und kann mit pflanzensoziologischer Methodik allein nicht erreicht werden. Die Terminologen sollten nicht versuchen, zur Bezeichnung von edaphischen Klimaxgesellschaften nur einzelne Standortfaktoren heranzuziehen, sondern das volle Zusammenspiel und die wechselseitige Beeinflussung im Ökosystem bzw. in den Ökotope im Auge behalten. Die dafür ausgearbeitete landschaftsökologische Methodik (C. TROLL 1938 und 1950, KH. PAFFEN 1953) bedarf der pflanzensoziologischen Vertiefung ebenso wie der bodenkundlichen. Im Rahmen der Klimaxlehre schließt sie an den physiographischen Klimax von G. E. NICHOLS an. Auch R. H. WHITTAKERS „*climax pattern concept*“ geht in die gleiche Richtung, wenn es definiert wird als „*a pattern of populations, variously related to one another, corresponding to the pattern of environmental gradients*“ (1953).

Die Begriffe *potential climax* oder potentielle Schlußgesellschaft sollten als rein natürliche Schlußgesellschaften verstanden werden, d. h. wie sie sich beim gegenwärtigen Klima ohne jede menschliche Einwirkung entwickeln würden

(potentielle Naturlandschaft). Auch deren Rekonstruktion ist keine leichte Aufgabe, da, wie wir heute wissen, auch die Bodenprofile und damit die ganzen edaphischen Voraussetzungen (Bodenklima, Bodenwasser, Bodenlebewelt) Merkmale aufweisen können, die auf frühere klimatische Zustände zurückgehen. Vom Menschen veränderte Gesellschaften, namentlich wenn sie durch regelmäßige Eingriffe entstehen, wie durch periodische Grasbrände, Streuentnahme, Sensenschneid, Beweidung, können natürlich sehr wohl in das System der Pflanzengesellschaften aufgenommen werden. Mir erscheint für sie die Bezeichnung „Sekundärgesellschaften“ und „Sekundärsukzessionen“ (W. LÜDI 1919) passender als „Ersatzgesellschaften“. Noch eindeutiger wäre die Bezeichnung „Bodennutzungs-Gesellschaften“ („land use associations“).

Wie aber stehen diese Bodennutzungs-Gesellschaften zu den Sukzessionsreihen oder seres? Wir kommen damit auf die Frage der regressiven Sukzession zurück. Von CLEMENTS und später von J. F. V. PHILLIPS (1934/35) wurde sie energisch abgelehnt, in der pflanzensoziologischen Schule von BRAUN-BLANQUET-TÜXEN aber beibehalten. TANSLEY (1920, S. 137) sagt dazu: „Wenn sich ein Umweltfaktor schrittweise und fortschreitend ändert mit der Wirkung eines schrittweisen Ersatzes einer reifen Pflanzenpopulation durch eine von niederem Typ, und die ersetzende Population ist tatsächlich eine Phase in der progressiven Entwicklung des reifen Typus, dann ist es durchaus richtig, den Vorgang eine regressiv Sukzession zu nennen.“ Ist eine solche Rückentwicklung aber immer möglich? H. GODWIN (1929) sprach statt von regressiver von „deflected succession“, da sie in Wirklichkeit nicht auf ein früheres Entwicklungsstadium führe. Es mag sein, daß in sehr ariden Gebieten mit ganz offenen Pflanzenbeständen und mineralischen Böden eine Überweidung oder sonstige Vegetationszerstörung wieder zu einem natürlichen Ausgangsstadium zurückführt. Aber schon bei den Schwarzerdesteppen ist das nicht der Fall, noch weniger bei den Auswaschungsböden der humiden Gebiete, deren Profilentwicklung nicht rückläufig gemacht und umgekehrt werden kann. J. SCHMITHÜSEN (1959) sieht in seiner gesellschaftssystematischen Schau eine Klimaxgesellschaft mit allen dazu führenden progressiven Sukzessionsgesellschaften und allen davon abgeleiteten regressiven Sukzessionen als „vegetationsdynamisch homolog“ und als „Gesellschaftsinventar“ der betreffenden Klimaxeinheit an.

In die pflanzensoziologische Literatur ist in den letzten Jahren ein neuer Begriff eingeführt worden, der neue Verwirrung in die Auffassung der Vegetationsdynamik zu tragen droht. Es ist der Begriff des „Gesellschaftsrings“. M. SCHWICKERATH hat ihn in einer im höchsten Grade verdienstlichen, soziologisch fundierten und auch kartographisch gründlich unterbauten Regionalarbeit aus dem Raume von Aachen eingeführt (1954). Als alter Vorkämpfer der pflanzensoziologischen Systematik gibt er darin eine große Anzahl von Sukzessionsschemata der Pflanzenassoziationen verschiedener Standorte. Dabei werden, wie es auch früher häufig geschehen ist, die Stadien der progressiven Sukzession in einer Senkrechtreihe von unten nach oben und die Bodennutzungsgesellschaften als regressiv Sukzessionsreihe daneben von oben nach unten angeordnet. Horizontale Pfeile deuten an, in welcher Folge Degra-

dationsformen des Klimax oder Kulturformationen wieder in die natürliche Vegetation zurückkehren können. Diese Schemata, auf einer großen Vertrautheit mit den Vegetationsverhältnissen des Gebietes beruhend, sind auch als Ergänzung zu den Karten aufschlußreich, da ja die Dynamik des Sukzessionsgefüges in der Karte nicht wiedergegeben werden kann.

Die Bezeichnung „Assoziationsring“ oder „Gesellschaftsring“ für die ganze Schar der vorkommenden Sukzessionen und Ersatzgesellschaften in Verbindung mit den geschlossenen Pfeilsignaturen erweckt den Eindruck eines echt zyklischen Ablaufs des Vegetationswandels. Das ist aber keineswegs der Fall. Ein schönes Beispiel dieser Art hatten früher TÜXEN und PREISING (1942, S. 17) für die Schwarzerlen-Bruchwälder Nordwestdeutschlands gegeben. Die Rückentwicklung von den künstlich geschaffenen Waldschlagesgesellschaften und Mähwiesen führt auch dort nicht auf die progressiven Sukzessionen, sondern unmittelbar oder über den *Salix-Rhamnus frangula*-Busch zum Erlenbruchwald zurück. Auch SCHWICKERATHS Beispiele sind, näher besehen, keine Gesellschaftsrings, sondern bestenfalls Teilzyklen. SCHMITHÜSEN (1958 und 1959) hat das Konzept des Gesellschaftsrings in seine methodischen Darstellungen der Vegetationsgeographie an zentraler Stelle übernommen.

Wie zu Beginn des Jahrhunderts die Zyklen- und Klimaxlehre von COWLES und CLEMENTS an der Wiege der deduktiven geomorphologischen Zyklenlehre von W. M. DAVIS gestanden hat, so wird heute von seiten der Pflanzensoziologie mit der Lehre der Gesellschaftsrings und Gesellschaftszyklen eine deduktiv vereinfachende Auffassung in die biologische Geographie eingeführt. Sie wird vermutlich eine langwierige Diskussion auslösen¹.

Glücklicherweise handelt es sich dabei in der Hauptsache nur um eine terminologische Frage. Terminologische Verwirrung aber hat die pflanzensoziologische Forschung seit Jahrzehnten geradezu in verhängnisvoller Weise belastet. Die Ursache dafür sehe ich vor allem darin, daß die moderne Vegetationskunde als Pflanzensoziologie durch den schiefen Vergleich von Lebensgemeinschaften mit Organismen sehr stark auf die Klassifikation und Nomenclatur ausgerichtet war. Die klassische Forschung, wie sie in Mitteleuropa etwa von KERNER VON MARILAUN und später R. GRADMANN, weltweit von AU. GRISEBACH betrieben wurde, ging von der Gesamtanschauung der Natur aus. H. GAMS, H. WALTER, K. HUECK und H. MEUSEL u. a. sind auf dieser Linie weitergeschritten. Maß und Zahl sollen zwar bei keiner Naturforschung vernachlässigt werden. Den wissenschaftlichen Wert aber gewinnt die zählende Analyse erst in Verbindung mit einer einwandfreien Fragestellung. Für Klassifikationen im biologischen Freilandgeschehen ist ihr Wert beschränkt. Die terminologische Verwirrung entstand ganz vorwiegend aus der Überschätzung statistisch gewonnener Klassifikationen für die Erscheinungen einer mannigfaltig wechselnden Natur.

Auch die Sukzessionslehre, so wertvoll ihr Ansatz war, unterliegt seit ihrer

1 Auf dem Internationalen Symposium über Pflanzensoziologie und Landschaftsökologie im April 1963 in Stolzenau hat sie bereits eingesetzt durch ein Referat des Pflanzensoziologen PAUL SEIBERT gegen die Konzeption des Gesellschaftsrings, den er durch den Terminus *Gesellschaftskomplex* ersetzt wissen wollte.

Begründung um die Jahrhundertwende einer verwirrenden nomenklatorischen Divergenz. Sie ist einseitig von den Pflanzengesellschaften her gesehen und entwickelt worden. Zwar ist von Anfang an und auch in neueren Werken oft auf die fast selbstverständliche Tatsache hingewiesen worden, daß die Sukzession der Pflanzendecke vom Initialstadium bis zum Klimax auch gleichzeitig eine Sukzession der Bodenbildung ist. Vegetation und Bodenverwitterung gehen dabei in gegenseitiger Abhängigkeit parallel und mit der Vegetation entwickelt sich auch ein Sukzession der bodennahen Klimate, des Wasserhaushalts und insgesamt also des ganzen Ökosystems.

Die Sukzessionsforschung sollte im Ansatz und in der Methode erweitert werden zu einer landschaftsökologischen Sukzessionsforschung, wofür ich den Begriff **Landschafts-Sukzession** in Vorschlag bringen möchte.

Aus dieser Situation heraus hat der Verfasser der folgenden Dissertation **HERMANN JOSEF BAUER** vor einigen Jahren die Aufgabe übernommen, in einem der größten künstlichen Neulandkomplexe Mitteleuropas, auf dem Gelände des rheinischen Braunkohlentagebaues der Ville zwischen Bonn und Köln eine Untersuchung über die Entwicklung der Kleinformen, der Bodenbildung, der Geländeklimate, der Pflanzendecke, der Seenverlandung und der Tierwelt, besonders der jungen Vogelkolonien vorzunehmen. Es standen dafür natürlich nur die wenigen Jahre der eigenen Beobachtung zur Verfügung, dazu allerdings auch Vergleichsflächen mit Aufforstungen und Rekultivierungen, deren Alter auf 30 Jahre zurück bekannt ist. Solche Gelände sind Experimentierfelder der Landschaftssukzession. Es ist zu hoffen, daß in gewissen Abständen die weitere Entwicklung des Landschaftshaushaltes messend verfolgt werden kann.

Schon **F. E. CLEMENTS** sah 1916 „*das Ideal einer Sukzessionsuntersuchung in langfristigen, mit Experimenten über die Gesellschaftsfunktion gekoppelten Dauerbeobachtungen*“. Es ist das Verdienst von **J. BRAUN-BLANQUET**, daß von seiner Wirkungsstätte Montpellier aus 1915 einige Dauerflächen in laufende Beobachtung genommen wurden. Eine davon, das Ufer des Etang du Prévost gegen die Nehrung von Palavas konnte bis heute in regelmäßigen Abständen auf die sich vollziehende Verlandung beobachtet, vegetationskundlich kartiert und ökologisch untersucht werden. Das Ergebnis der 43-jährigen Entwicklung ist in einer von 8 Kärtchen für die Jahre 1915, 1922, 1926, 1929, 1940, 1948, 1952 und 1958 begleiteten Studie veröffentlicht (**BRAUN-BLANQUET** 1958). Die Arbeit darf, vermehrt um die Anregungen der Arbeit **H. J. BAUER**, jungen Naturforschern zur Nachahmung empfohlen werden.

L I T E R A T U R

BRAUN-BLANQUET, JOS.: Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Berlin 1928 (2. Aufl., Wien 1951).

BRAUN-BLANQUET, JOS. (zus. mit **E. WIKUS**, **R. SUTTER** und **G. BRAUN-BLANQUET**): Lagunenverlandung und Vegetationsentwicklung an der französischen Mittelmeerküste bei Palavas. Station Intern. de Géobotanique Médit. et Alpine Montpellier, Communic. 141, Montpellier 1958.

- CLEMENTS, F. E.: Development and Structure of Vegetation. Rep. Bot. Survey Nebraska, 7, 1904.
- CLEMENTS, F. E.: Plant Succession. Carnegie Inst. of Washington, Publ. 242, 1916.
- CLEMENTS, F. E.: Plant Indicators. Ibid. Publ. 290, 1920.
- CLEMENTS, F. E.: Plant Succession and Indicators. New York 1928.
- CLEMENTS, F. E.: Nature and Structure of the Climax. The Journ. of Ecology, vol. 24, 1936.
- COWLES, H. C.: The ecological Relations of the Vegetation of the Sand Dunes of Lake Michigan. Bot. Gazette, vol. 27, 1899.
- COWLES, H. C.: The physiographic Ecology of Chicago and Vicinity. Bot. Gazette, vol. 31, 1901.
- DUREAU DE LA MALLE, A. J. C. A.: Mémoire sur l'alternance ou sur ce problème: la succession alternative dans la reproduction des espèces végétales vivant en société etc. Annal. Sc. Natur., I, 5, 1825.
- GODWIN, H.: The Subclimax and deflected Succession. Journ. of Ecology, vol. 17, 1929.
- LÜDI, W.: Die Sukzession der Pflanzenvereine. Mitt. Naturforsch. Ges. Bern, 1919.
- NICHOLS, G. E.: The Interpretation and Application of certain Terms and Concepts in the ecological Classification of Plant Communities. Plant World, 20, 1917.
- NICHOLS, G. E.: A Working Basis for the ecological Classification of Plant Communities. Ecology, vol. 4, 1923.
- NILSSON, H. A.: Några drag ur den svenska Växksamthallarnas utvecklingshistoria. Botan. Notiser, 1899.
- PAFFEN, K. H.: Die natürliche Landschaft und ihre räumliche Gliederung. Forschungen z. Deutschen Landeskunde, Bd. 68, Remagen 1953.
- PHILLIPS, J. F. V.: Succession, Development, the Climax and the Complex Organisme: An Analysis of Concepts. Journ. of Ecology, 22, 1934, und 23, 1935.
- SCHMITHÜSEN, J.: Probleme der Vegetationsgeographie. Deutsch. Geographentag Würzburg 1957. Tagungsber. u. Wiss. Abhandl., Wiesbaden 1958.
- SCHMITHÜSEN, J.: Allgemeine Vegetationsgeographie. Berlin 1959.
- SCHWICKERATH, M.: Die Landschaft und ihre Wandlung, auf geobotanischer und geographischer Grundlage erläutert im Bereich des Meißischlattes Stolberg. Aachen 1954.
- TANSLEY, A. G.: Types of British Vegetation. Cambridge 1911.
- TANSLEY, A. G.: The Classification of Vegetation and the Concept of Development. Journ. of Ecology, vol. 8, 1920.
- TANSLEY, A. G. and CHIPP, T. F.: Aims and Methods in the Study of Vegetation. London 1926.
- TROLL, C.: Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. Ztschr. Ges. f. Erdkunde zu Berlin, 1939.
- TROLL, C.: Die geographische Landschaft und ihre Erforschung. Studium Generale, Jg. 3, Heidelberg 1950.
- TROLL, C.: Landscape Ecology and Land Development with special Reference to the Tropics. The Journ. of tropical Geography vol. 17, Singapore 1963.
- TÜXEN, R.: Wald und Bodenentwicklung in Nordwestdeutschland. Ber. 37. Wanderversamml. d. Nordwestd. Forstvereins. Hannover 1932.
- TÜXEN, R. und H. DIEMONT: Klimaxguppe und Klimaxschwarm. Ein Beitrag zur Klimaxtheorie. 88./89. Jahresber. d. Naturhist. Ges. zu Hannover, 1937.
- TÜXEN, R. und E. PREISING: Grundbegriffe und Methoden zum Studium der Wasser- und Sumpfpflanzengesellschaften. Deutsche Wasserwirtschaft, 37, 1—2, 1942.
- WARMING, EU.: Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. Berlin 1896.
- WHITTAKER, R. H.: A Criticism of the Plant Association and climatic Climax Concepts. Northwest. Science, vol. 25, 1951.
- WHITTAKER, R. H.: A Consideration of Climax Theory: The Climax as a Population and Pattern. Ecol. Monographs, vol. 23, 1953.

Vorwort

Der durch den Braunkohlentagebau bedingte Landschaftswandel rückt in zunehmendem Maße in den Blickpunkt der Öffentlichkeit. In zahlreichen, teils pamphletischen Schriften werden die Vor- und Nachteile des Bergbaues diskutiert.

Auch die Geographie hat die hier gebotenen Forschungsmöglichkeiten genutzt. S. SCHNEIDER gab 1957 das Luftbildheft des Rheinischen Reviers heraus, und nach Abschluß der vorliegenden Arbeit erschien von H. BARTHEL (1962) die umfassende Darstellung eines mitteldeutschen Revieres.

Im Sinne einer landeskundlichen Monographie befaßt sich meine Arbeit mit dem naturbedingten Wandel des ausgekohlten Rheinischen Reviers. Es wurde bewußt auf eine Gesamtdarstellung aller Probleme des Bergbaus, so der wirtschaftlichen und soziologischen Aspekte, verzichtet. Vielmehr soll hier eine Darstellung der naturbedingten ökologischen Faktoren gegeben werden. Es konnten gewisse Gesetzesmäßigkeiten der Landschaftsentwicklung aufgezeigt werden. Der Wandel vollzieht sich in Sukzessionsstadien der Landschaft, die in vielfältiger Abwandlung — je nach edaphischen und hydrologischen Gegebenheiten — von ersten Pionierstadien der Besiedlung bis zum Wald fort-schreiten.

Ich bin meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. C. TROLL, zu ganz besonderem Dank verpflichtet, daß er mir die Möglichkeit gab, diese Landschafts-sukzession über einen längeren Zeitraum hin zu verfolgen und die ökologischen Faktoren dieser neu entstehenden Landschaft zu untersuchen. Ihm sei auch gedankt für die Drucklegung dieser Arbeit in der Reihe der „Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde“.

Herrn Privatdozent Dr. G. DARMER an der Technischen Hochschule Hannover danke ich an dieser Stelle für die Bereitstellung der mikroklimatischen Meßgeräte, für finanzielle Unterstützung der Arbeit sowie freundliche Beratung.

Ich möchte es nicht versäumen, Herrn Dr. O. FRÄNZLE vom Geographischen Institut der Universität Bonn herzlich zu danken für die hilfsbereite Anleitung der bodenchemischen Untersuchungen.

Herrn Dr. FREISBURGER von der Pressestelle Braunkohle in Köln danke ich für die Herstellung mehrerer Klischees meiner Photos.

Herrn Dr. LAVEN und Herrn THYSSEN, Köln, sei für die bereitwillige Bestimmung der Moose gedankt, Herrn THEO MÜLLER, Kl.-Vernich, für die Bestimmung der Flechten sowie Herrn Revieraufseher WEBER, Brühl-Heide, für die Niederschlagsmessungen im Gelände.

Meiner Frau danke ich ganz herzlich für die wertvollen Anregungen und kritische Durchsicht der Arbeit.

Nicht zuletzt danke ich meinem Vater sowie meiner Tante KATHARINA BAUER für ihre hilfsbereite Unterstützung während der Jahre des Studiums und der Geländearbeiten.

I N H A L T

Seite

A. Landschaftsökologie am Beispiel einer neu entstehenden Landschaft	17
B. Die landschaftlichen Veränderungen durch den Kohlenabbau und ihre Auswirkungen auf den Landschaftshaushalt	19
I. Die Landschaft vor Beginn des Kohlenabbaues	19
1. Geologischer Aufbau	19
2. Morphologische Verhältnisse	20
3. Klima, Boden und Wasserhaushalt auf der Ville	21
4. Vegetation	23
5. Das Landschaftsgefüge der Ville	26
II. Analyse der abiotischen ökologischen Faktoren im ausgekohlten Gelände	28
1. Die Veränderung des Landschaftsbildes durch den Abbau der Kohle	28
2. Morphologische Kleinformen des Bodenreliefs	29
3. Allgemeine Charakterisierung der Kippenböden	31
4. Chemismus der verkippten Böden	32
5. Der Wasserhaushalt	33
a) Die Seen	33
1. Morphologie der Seebecken und Temperaturschichtung des Wassers	34
2. Chemismus des Wassers	35
b) Bachläufe und Grundwasserverhältnisse	36
6. Gelände- und Mikroklima	37
a) Typische Wetterlagen im Revier	37
b) Temperatur und Luftfeuchte der bodennahen Luftschicht	38
7. Ökologische Voraussetzungen für die Erstbesiedlung der unbelebten Geländeformen	43
III. Der Haushalt der neu entstehenden Landschaft und ihrer Sukzessionsstadien	45
1. Pionierpflanzen verschiedener Standorte	45
a) Verbreitung und Keimung der Pflanzen	45
b) Wuchsformen und Wurzelsysteme	48
c) Sukzessionen bis zum natürlichen Wald	50
2. Die Biozöosen der Seen	51
a) Flora und Fauna verschiedener Seen und ihrer Uferbereiche	51
b) Das biozöotische Gleichgewicht im Bereich der Seen	56
3. Die Sümpfe und Niedermoore	59
4. Vegetationsprofil eines ausgekohlten Tagebaues	59
5. Sukzessionsstadien der Landschaft	62
6. Ökologische Verhältnisse der forstlich rekultivierten Kippen	67
a) Auswahl und Erprobung der Holzarten	67
b) Bodenbildung unter verschiedenen Waldtypen	69
c) Mikroklimatische Verhältnisse	72
d) Die natürliche Waldflora	73
7. Voraussetzungen für landwirtschaftliche Rekultivierung	75

IV. Das Gefüge der gegenwärtigen Landschaft	76
1. Morphologische, edaphische und klimatische Faktoren für die Neulandschaftsbildung	76
2. Die Seen und ihre Umwelt im Landschaftshaushalt	77
3. Die Wälder im Gesamtbild der Landschaft	77
V. Die Bedeutung der ökologischen Untersuchungen für die planvolle Gestaltung der ausgekohlten Landschaft	78
C. Der Landschaftswandel im Braunkohlenrevier in Rückblick und Ausblick	79
Summary	80
Literaturverzeichnis	82

ABBILDUNGEN, FIGUREN, TABELLEN UND KARTEN

Tabelle 1: Bodenanalysen: Kohlenböden und mineralische Mischböden	32
Tabelle 2: Sorptionsverhältnisse	33
Figur 1 und 2: Bodenreliefe zweier Seen	34
Figur 3: Temperaturschichtung Berggeistsee	35
Tabelle 3: Temperaturschichtung Gruhlsee und Liblarer See	35
Tabelle 4: Chemismus der Seen	36
Figur 4: Temperatur und Luftfeuchte Tagebau Vereinigte Ville	40
Figur 5: Evaporimeter-Verdunstung	41
Figur 6: Windprofil Tagebau V.V.	42
Figur 7: Windprofil eines Waldstreifens	42
Figur 8: Niederschlagskurven 1961	43
Figur 9: Pionierpflanzenstandort (Kohle)	49
Figur 10: Vegetationszonierung am Kiebitzsee	52
Figur 11: Vegetationszonierung am Iris-See	57
Figur 12: Arealkarten verschiedener Vögel	58
Figur 13: Vegetationsprofil Tagebau V.V.	60
Figur 14: Bodenprofile	71
Figur 15—18: Temperaturkurven	86/89
Tabelle 5—14 Extremtemperaturen	90/94
Tabelle 15a und b: Böden unter 30 jährigem Wald	95/96
Tabelle 16: Sorptionsverhältnisse der Böden	97
Tabelle 17a und b: Moos trockener und feuchter Rohböden	98
Tabelle 17c: Moose junger Wälder	99
Tabelle 18: Moose 30 jähriger Mischwälder	100
Tabelle 19a: Die qualitative Verteilung der Ernten innerhalb von 10 Jahren	101
Tabelle 19b: Die quantitative Verteilung in den einzelnen Zählperioden	101
Karte 1: Übersichtskarte des Reviers	18
Karte 2: Tagebau Vereinigte Ville	85
Karte 3 und Profile durch das Südrevier	Beilage
Abb. 1—30	Kunstdruckanhang

A. Landschaftsökologie am Beispiel einer neu entstehenden Landschaft

Landschaftsökologie am Beispiel einer neu entstehenden Landschaft zu studieren, ist uns nicht oft auf der Erde gegeben. Eine Landschaft liegt in den meisten Fällen als das Ergebnis einer langen, naturbedingten Entwicklungsreihe fertig vor uns. Wir können jedoch auf der Erde eine stetige, langsame Veränderung beobachten, etwa den Übergang einer Natur- in eine Kulturlandschaft oder die Entstehung und Ausdehnung einer Industrielandschaft. Ein Musterbeispiel für den totalen Eingriff des Menschen in eine ökologisch ausgeglichene Landschaft ist im rheinischen Braunkohlenrevier auf der Ville gegeben.

S. SCHNEIDER (1957) sagt in der Einleitung zu seinem Luftbildheft über das Braunkohlenrevier der Ville: *„Hier vollzieht sich vor unseren Augen ein nach Umfang und Bedeutung so außergewöhnlicher Landschaftswandel, daß die vorliegenden Luftbilder dazu anregen, mit ihrer Hilfe einen Baustein zur Landeskunde dieses Raumes zu liefern.“* In diesem Sinne soll auch die vorliegende Arbeit die landschaftsökologischen Verhältnisse des ausgekohlten Reviers erfassen.

Im Braunkohlenrevier ist die Möglichkeit gegeben, in nur wenigen Jahren die Entstehung einer völlig neuartigen Landschaft zu verfolgen. Alle ökologischen Faktoren (Boden, Geländeklima, Gewässer, Vegetation, Tierleben etc.) können in ihrem Wandel beschrieben werden.

Zunächst sei die Landschaft vor Beginn des Braunkohlentagebaues kurz geschildert. In der Waldville, südlich des Reviers, ist die ursprüngliche Landschaft noch erhalten, so daß unmittelbare Anschauung der vorbergbaulichen Verhältnisse möglich ist.

Ein großer Teil der Arbeit befaßt sich mit den abiotischen Faktoren der zerstörten Landschaft, die die ökologischen Voraussetzungen für die Neubesiedlung der unbelebten Geländeformen bieten.

Schließlich wird versucht, die ökologischen Zusammenhänge der neuen Landschaft zu erfassen. Dabei wird besonders Wert gelegt auf die Untersuchung derjenigen Lebensgemeinschaften, die sich ohne menschlichen Einfluß entwickelt haben. Auch der Landschaftshaushalt der bereits rekultivierten Forsten wurde untersucht. Die Forsten werden deshalb bevorzugt behandelt, da über die landwirtschaftlich rekultivierten Flächen bereits Arbeiten vorliegen (G. HEIDE, H. ENGELS-MATENA, ÖSTRICH).

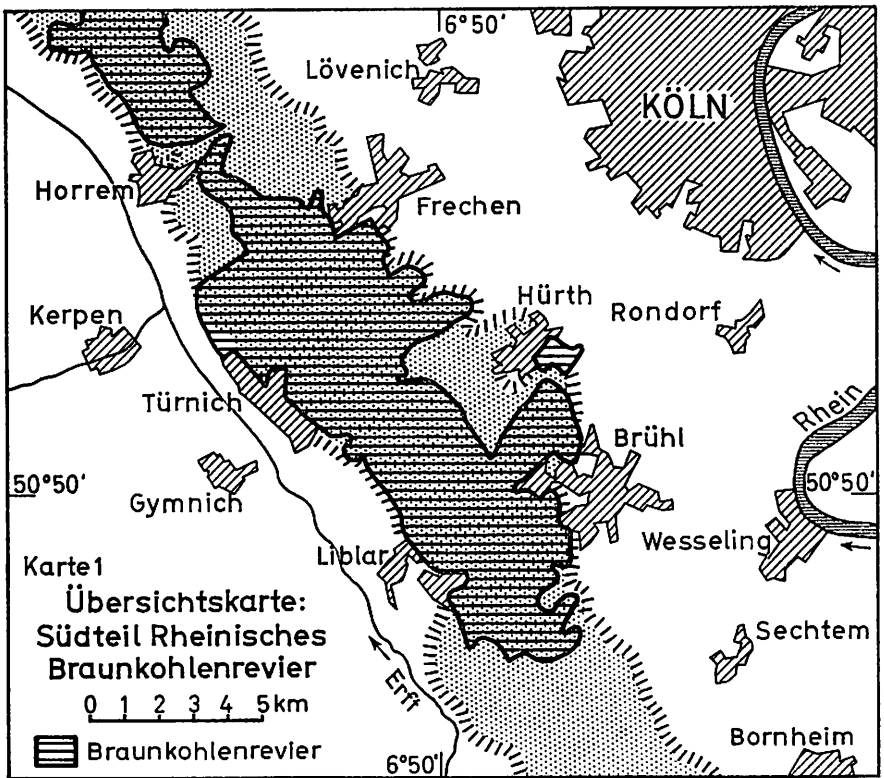
Es sei betont, daß es nicht meine Absicht ist, in die Diskussion um die Art der Rekultivierung einzugreifen. Es sollen nur die naturbedingten Gegebenheiten des ausgekohlten Reviers untersucht werden.

Das Untersuchungsgebiet, die Ville, erstreckt sich, in Verlängerung des Kottenforstes westlich von Bonn, als ein etwa 40 km langer Höhenrücken von 2 bis

5 km Breite in nordwestlicher Richtung bis Grevenbroich. Sie teilt die Niederrheinische Bucht in die Jülich-Zülpicher Börde und die Kölner Bucht.

Nach K. H. PAFEN (1953) kann die Ville in mehrere Kleinlandschaften unterteilt werden. Die Waldville im Süden bis auf die Höhe von Brühl, die Braunkohlenville bis Bergheim, das nördliche Neurather Lößplateau, in das der Braunkohlenabbau in zunehmendem Maße eindringt und schließlich der Osthang der Ville, das sogenannte Vorgebirge zwischen Bonn und Brühl.

Meine Arbeit befaßt sich im wesentlichen mit dem Raum der Braunkohlenville südlich der Linie Türrnich-Hürth (vgl. Karte 1), wenn auch gelegentlich die Nachbargebiete erwähnt werden, so vor allem die Waldville, die einen guten Überblick über den früheren Zustand der südlichen Braunkohlenville bietet.



B. Der Landschaftswandel durch den Kohlenabbau und seine Auswirkungen auf den Landschaftshaushalt

I. Die Landschaft vor Beginn des Kohlenabbaues

1. Geologischer Aufbau

Die Ville liegt im Bereich der Niederrheinischen Bucht, einem jungen Senkungsfeld, das seit Beginn des Tertiärs von einer über 1000 m mächtigen Schichtfolge ausgefüllt wurde. Das Senkungsfeld wurde in mehrere Schollen zerlegt. Innerhalb der Niederrheinischen Bucht werden vier Hauptbruchschollen unterschieden, die durch tiefgreifende Sprünge gegeneinander abgesetzt sind. Die Bruchschollen sind die vom Eifelnordrand nach NE einfallende Rurscholle, die breite Erft-Scholle, die im NE durch das gestaffelte System des Erftsprunges begrenzt ist, die höher gelegene Ville-Scholle und die Kölner Scholle.

Die tertiäre Schichtung der Ville-Scholle hat nach M. SCHWARZBACH (1952) folgendes Normalprofil:

Pliozän	Flußschotter, Sande, Tonlinsen
Miozän	Sande und Tone
Oligozän-Miozän	Braunkohlenflöz, zum Teil aufgespalten
Oligozän	Tone und Sande
Eozän	Tone und Sande

Die Braunkohlenlagerung ist im Bereich der Ville-Scholle keineswegs einheitlich. In der südlichen Ville keilt das Flöz aus, indem sich das Liegende heraushebt, während es sich nach Norden hin ständig absenkt und von einem bis zu 100 m mächtigen, sich weiter im Norden aufteilenden Flöz überlagert wird.

Im tropisch warmen Klima der Tertiärzeit bildeten sich im limnischen Bereich in wechselnder Folge große Bruchwald- und Riedmoore, die bei langsamer Bodensenkung unter den Wasserspiegel zu liegen kamen und unter Luftabschluß vertorften. Neue Moore bildeten sich, Trockenzeiten ließen große Urwälder mit Sequoia, Nyssa, Tsuga sowie Taxodiaceen aufkommen (s. Pollenanalysen P. W. THOMSONS). Neue Transgressionen zerstörten den Wald und begruben ihn unter neuen Mooren. Vielfach treten im heutigen Flöz sogenannte Stubbenhorizonte auf, in denen unversehrte Baumstämme von 44 m Länge und 6 m Umfang gefunden wurden. Wenn man bedenkt, daß dem Flöz eine dreifache Menge Torf entspricht, bekommt man eine angenäherte Vorstellung von der Wachstumsfülle im Tertiär sowie von den langen Bildungsvorgängen der Kohle.

Die Kohle lagert unter einem Deckgebirge von wechselnder Mächtigkeit. Das Ausgehende des Flözes verläuft von S bis über Brühl hinaus am Abfall der Hauptterrasse. Die Kohle ist dort am Ostrand, wie auch oberflächlich auf der

Höhe vom Rhein und später von den von der Höhe kommenden Bächen erodiert worden. Es sind im Deckgebirge über der Kohle auch Kryoturbationserscheinungen festgestellt worden, wie Würgeböden, Frosttaschen und Eiskeile (P. PRUSKOWSKI 1954). Im südlichen Teil der Braunkohlenville besteht das Deckgebirge aus Hauptterrassenschotter. Weiter nördlich und vor allem im Raume Frechen lagern der Kohle zunächst pliozäne Schotter, Sande und Tone auf. Nördlich Bergheim kommen zu diesen Schichten noch mächtige Lößdecken hinzu.

Die Mächtigkeit des Deckgebirges nimmt, ebenso wie die des Flözes, nach N zu (nach H. BREDDIN).

	Deckgebirge	Kohle
Grube Berggeist	10 m	15 m
Vereinigte Ville	12 m	30 m
Fortuna	27 m	63 m
Fischbach	50 m	75 m
Fortuna Nord	50 m	90 m

Die kohlenführende Ville-Scholle ist in mehrere Brüche gestaffelt und wird von zwei Hauptsprüngen begrenzt, im W vom Erft-Sprung und im E vom Frechener Sprung. Kleine Sprünge spättertiären Alters treten morphologisch teils nicht in Erscheinung. Sie werden erst beim Abbau der Kohle sichtbar. Das Vorkommen der Kohle im Bereich der Ville ist durch diese Hauptverwerfungen sowie durch posttertiäre Erosion des Flözes begrenzt.

Im Bereich des Erftsprunges befinden sich im Hangenden der pliozänen Kieseloolithschichten bei Weilerswist unmittelbar im Kontakt mit der Hauptterrasse Tonlinsen, „die eine reiche fossile Flora enthalten, . . .“ (P. W. THOMSON 1953).

2. Morphologische Verhältnisse

Durch die für die Bildung der Rheinterrassen bedeutsamen jungen Hebungen, durch diluviale Schotter- und Lößablagerungen sowie anschließende Erosionsvorgänge wurde das morphologische Bild der Ville geschaffen. Die fast ebene Hochfläche der Wald- und Braunkohlenville wird von einer Schotterdecke unterschiedlicher Stärke bedeckt. Nach W wird sie infolge junger Bruchstufen durch einen deutlich ausgebildeten, ziemlich geradlinigen Rand gegen die Erftniederung begrenzt. Der Ostrand wurde durch weitgespannte Talrandbögen des Rheins geformt. „Der risseiszeitliche Rhein hat von Bonn aus einen großen Schwemmkegel in das Flachland vorgeschüttet, der in der Mittelterrasse am Westrand der Köln-Bonner Bucht erhalten ist. Er hat die höhere Scholle der Ville in einer Serie von drei Talrandbögen unter schnitten, die von Bonn über Duisdorf-Alfter bis Bornheim, von Bornheim bis Hermülheim und von dort über Frechen bis gegen Königsdorf verlaufen“ (C. TROLL 1957).

Während der Ostrand der Ville in seinem südlichen Teil mit einem Höhenunterschied zum Rheintal von 110—120 m markant hervortritt (160 m NN), verringert sich dieser Reliefunterschied nach Norden auf etwa 30 m (80 m NN). Allmählich geht der Höhenzug in das wellige Neurather Lößplateau und die

Titzer Höhe über. Der Höhenunterschied zwischen Ville und Erftniederung beträgt bei Liblar nur 45 m, bei Quadrath 61 m und verringert sich nach N wiederum. Die Steilheit der Terrassen am Ostrand der Ville wurde durch Lößablagerungen gemildert. Dieser Löß wurde während der Eiszeiten aus den Schotterfeldern von Rhein und Maas ausgeblasen. Am Steilrand der Ville nach Westen konnte sich die Lößanwehung infolge der Regen- und Windexposition nicht lange erhalten. Auf der Höhe der Hauptterrasse wurde nur wenig Löß abgelagert. Im Windschatten am Osthang dagegen lagerte er sich bis zu 20 m mächtig an (vgl. Abb. 2).

Nach G. HEIDE (1954) lassen sich neben jungem Würmlöß auch große Mengen Rißlöß nachweisen. „... Die heute vorhandene junge Lößauflage auf der Ville mit ihrer durchschnittlichen Mächtigkeit von kaum einem Meter blieb bei der Abtragung nach der letzten Eiszeit verschont, nachdem infolge der günstigen Klimabedingungen eine bodenbedeckende Vegetation sich entwickeln konnte.“

3. Klima, Boden und Wasserhaushalt auf der Ville

Das Klima der Ville ist gegenüber dem der Niederrheinischen Bucht etwas modifiziert. Die Ville gehört zum Bereich des binnenländisch abgewandelten maritimen Klimas. Charakterisiert wird es durch gemäßigt kühl-feuchte Sommer und milde Winter. Der Klimacharakter der Niederrheinischen Bucht ist entsprechend der Lage zum Meer und der orographischen Verhältnisse durchaus uneinheitlich. Die Jülich-Zülpicher Börde liegt im Regenschatten von Eifel und Hohem Venn und gehört zu den Trockengebieten Deutschlands. Die Trockenheit wirkt sich besonders im Winter und Frühjahr aus, während im Sommer bei NW-Winden der Niederschlag meist in Schauern fällt, also von der Lee-Lage unabhängig ist. Auch auf der Ville macht sich der Einfluß des Lees von Eifel und Hohem Venn noch bemerkbar, wenn auch die relative Hochlage ein geringes Ansteigen des Niederschlags bewirkt. Ein im Revier aufgestellter Regenmesser ergab zum Teil recht hohe Differenzen gegenüber der Zülpicher Börde und Brühl.

Einige Klimawerte aus dem Bereich der Ville mögen eine allgemeine Kennzeichnung der Klimaverhältnisse geben. Die ansteigende Temperaturkurve wird regelmäßig im Mai und Juni durch Kälterückfälle unterbrochen. Besonders die sogenannte Schaffkälte in der zweiten Junidekate tritt deutlich hervor. Die Temperaturkurve, die nach dem Anstieg des Frühjahrs viel höhere Mittelwerte zu erreichen verspricht, scheint von Juni an gleichsam geköpft (nach H. KÖHLER 1954). Die Sommermonate besitzen durch ausgedehnte Quellbewölkung nur je drei heitere Tage, aber die Zahl der trüben Tage ist mit je 9—10 ebenfalls gering. Nach KÖHLER hat im Mittel der Kreis Bergheim 136 trübe und 42 heitere Tage pro Jahr.

Für Brühl werden folgende Niederschlagswerte angegeben (1931—1950)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
48	45	35	57	49	69	64	72	49	47	52	46	633 mm

Neben diesen allgemeinen Klimawerten des Ville-Raumes sind noch einige Einzelbeobachtungen zu erwähnen. W. WEISCHET (1955) wies darauf hin, daß *„in den phänologischen Werten der linksrheinischen Terrassenlandschaft zwischen Bonn und Köln in jedem Jahr und zu jeder Jahreszeit die frühesten Werte der Niederrheinischen Bucht gemessen werden. Die Vorgebirgsostravorage bildet einen Kernraum eines extrem frühen Gebietes. Erst zur Zeit der Winterroggenblüte und Erntezeit zählt die ganze Bucht zur frühen Zone.“*

Für Geländeklima-Untersuchungen sind neben den phänologischen Merkmalen die Herbst- und Wintermonate besonders geeignet. Ich konnte öfters beobachten, daß die Kölner Bucht bis zum Fuß der Ville noch am späten Vormittag in dichtem Nebel lag, während sich am Hang schon in den Morgenstunden der Nebel auflöste und auf der Höhe völlig klares Wetter herrschte. Bei Hochdrucklagen mit Nebel an Herbstvormittagen ragt die Hochfläche der Ville somit über die Kaltluft der Rheinebene hinaus. Die rasche Auflösung des Nebels am Hang ist durch die starke Insolation der SE-Lage zu erklären.

In jedem Winter sind Höhe und Osthang der Ville schneebedeckt, wenn auf der Rückseite eines Polartiefs Kaltluftmassen eingedrungen sind. Der Fuß der Ville dagegen ist schneefrei und häufig tritt nicht einmal Schneefall auf. Besonders auffallend zeigt dies eine meiner Beobachtungen am 25. 12. 1956. Westlich der Ville in der Erftniederung schneite es leicht, ohne daß es zur Bildung einer Schneedecke kam. In der Kölner Bucht regnete es jedoch den ganzen Tag, da die Höhe über NN geringer ist als im Erftgebiet. Auf der Ville hatte sich im Laufe des Tages bei anhaltendem Frost und starken Schneefällen eine fast 20 cm hohe, lockere Pulverschneedecke gebildet. Diese Beobachtung zeigt mehr als alle Mittelwertstabellen den wahren Klimacharakter der Ville, der trotz der geringen Höhenlage gegenüber den Randlandschaften doch erhebliche Unterschiede aufweist. Aus den Erscheinungen des Winters lassen sich entsprechende Rückschlüsse auf das weniger gut zu erkennende unterschiedliche Geländeklima des Sommers ziehen. Im Winter tritt nicht nur die relative Höhe und entsprechende Kühle klar hervor, sondern auch die Auswirkung des Eifel-Leebereiches. Dies wird besonders in der südlichen Waldville deutlich. Die Schneedecke, die sich bei Durchzug eines Tiefs aus SW bildet, ist auf der Ville und in der nördlichen Kölner Bucht ungleich höher als im Raume Bonns.

Der Boden der Ville verdient eine besondere Beachtung, da er nicht nur die Vegetation der alten Landschaft stark beeinflusst, sondern auch die edaphischen Verhältnisse der neuen bestimmt. Die Bodenbildungsfaktoren Klima, Gestein, Wasser, Relief und Vegetation haben einen Boden geschaffen, der im Bereich der Wald- und Braunkohlenville wenig günstige Verhältnisse für die Vegetation bietet.

„... Die Hauptterrasse hat eine durchschnittliche Mächtigkeit von 8—12 m und besteht zum größten Teil aus Quarzgeröllen. Daneben kommen Grauwacke, Tonschiefer und Gerölle von vulkanischen Gesteinen vor. Die an sich gute, lockere Lagerung der Gerölle wurde bei der Verwitterung durch Eisenhydroxyd mehrere Dezimeter tief stark verdichtet... Für die bodentypologische Ausbildung der auf dieser Unterlage später zur Entstehung gekommenen

Lößdecke ist die Verdichtung an der Hauptterrassenoberkante von entscheidender Bedeutung“ (G. HEIDE 1954).

Die günstigen Eigenschaften des hier vorliegenden Lößlehms kehren sich in ihr Gegenteil um, wenn die Lößschicht zu geringmächtig ist und einer verdichteten Schotterdecke aufliegt, wie dies im größten Teil der Wald- und Braunkohlenville der Fall ist. Der Löß neigt durch seine feine Substanz leicht zur Staunässe. Es kann zur Ausbildung regelrechter organischer Naßböden kommen, wie dies im heute meliorierten „Großen Cent“ bei Bornheim geschehen ist. Der am weitesten verbreitete Bodentyp ist bei der vorliegenden geringmächtigen Lößdecke der Pseudogley. Nur an den Abhängen der Ville, vor allem am Ostabfall, ermöglicht die mächtigere Lößdecke ein günstiges Bodenprofil.

Die Entwässerung der Ville vollzieht sich fast ausschließlich nach Osten. Zur Erft fließen nur wenige kurze Wasserläufe, da die Schichten im Untergrund leicht nach E geneigt sind. Die Niederschläge versickern im Sand und Kies der Hauptterrassenschotter, soweit sie den verdichteten Horizont durchdringen können. Die Quellen treten dort aus, wo das Flöz am Ostrand, vom Gehängeschutt überlagert, geringmächtig wird. Die bis zu 60 % wassererfüllte Kohle dient also als Grundwasserhorizont. Die kleinen, von der Ville herabkommenden Bäche, die den Ostrand erstaunlich tief zertalt haben, versickern im Bereich der Mittelterrasse, ohne den Rhein zu erreichen.

4. Die Vegetation

Die Vegetation als das Ergebnis der abiotischen landschaftsbestimmenden Faktoren wurde am Beispiel der Wald-Ville untersucht. Die schlechten Bodenverhältnisse bieten nur mäßige Bedingungen für die Landwirtschaft. Dies kommt in der weiten Waldverbreitung zum Ausdruck. Der Wald ist im Bereich der Wald- und Braunkohlen-Ville nur von wenigen Rodungsinseln unterbrochen und bedeckt bis zur Mitte des vergangenen Jahrhunderts noch weit größere Flächen. Er umfaßt den gesamten Bereich geringer Lößmächtigkeit über teils verdichteten Hauptterrassenschottern. Nach N nimmt das offene Land mit stärker werdender Lößdecke zu.

Klimatisch gehört die Ville zur Zone des Eichen-Hainbuchenwaldes. Die edaphischen Verhältnisse verursachen jedoch zum Teil andere Waldtypen. Auf den Pseudogleyböden können nur Eichen-Birken-Wälder Bestand haben, die in verschiedener Fazies anzutreffen sind. Die Birke fliegt an, Eichen und stellenweise auch Kiefern werden angepflanzt. Der Wald wurde und wird in der Wald-Ville auch heute noch vorwiegend als Mittelwald bewirtschaftet. Die Bestände wechseln sehr stark, teils edaphisch, teils durch Anpflanzung bedingt. Ein Profil von E nach W würde folgende Waldtypen erfassen: Am oberen Rande des Ostanges finden wir vielfach gute Buchenhochwälder auf tiefgründigem Lößboden, es sind angepflanzte Wälder, die den ursprünglichen Eichen-Hainbuchenwald verdrängt haben; auf der Höhe der Ville geht der Wald bei abnehmender Lößdecke schnell in die trockene adlerfarn- und kiefernreiche

Eichen-Birken-Fazies über, stellenweise sind auch Fichten angepflanzt, die ebenso wie die Kiefern landschaftsfremd sind.

Die ökologischen Verhältnisse der einzelnen Waldtypen seien etwas näher betrachtet. Die an Stelle des Eichen-Hainbuchen-Waldes angepflanzten Buchenwälder verschlechtern als Monokultur den Boden. Die dichte Laubstreu neigt bei der ungenügenden Verwesung im hiesigen Klima zur Rohhumusbildung. Es entsteht ein Auflagehumus, der infolge starker Verfilzung und torfige Struktur in Auflagetorf übergeht. Angesammelte organische Substanzen können bei dichter Lagerung und Sauerstoffmangel nicht zersetzt werden. Die Nährstoffe werden ungelöst gespeichert und damit dem Pflanzenhaushalt entzogen. Auch leidet der Wasserhaushalt des Bodens unter Auflagetorf. Die Niederschläge werden zum größten Teil zurückgehalten, fließen ab oder verdunsten unproduktiv. Zugleich nimmt die Versauerung des Bodens immer mehr zu. So bietet sich am Boden auch im Sommer das gleiche Bild, wie es Abb. 3 zeigt: ein zwar schöner Buchenbestand, aber ohne jede Bodenvegetation. Die anfliegenden Samen können in der Schicht der unzersetzten Blätter nicht keimen. Nur wenige Schattenpflanzen, wie *Neottia nidus avis* L. und *Cephalanthera grandiflora* sind an einigen Stellen als floristische Besonderheit zu finden. Die am Hang stehenden Buchenbestände sind öfters von kleinen Talrinnen durchzogen. Eine solche, heute trockene Rinne zeigt Abb. 3. Der Wald steht an der Südgrenze des Abbaugebietes, wo die Wasserführung zerstört wurde.

Der Eichen-Birken-Wald siedelt auf den schlechtesten Böden. Die Fulvosäuren der Laubstreu sowie die Staunässe verschlechtern den Boden. Die dünne Lößauflage wird völlig umgewandelt. Der Kalk und andere Pflanzennährstoffe werden aufgelöst und zugleich mit den Eisenverbindungen in die Tiefe abgeführt. Der Boden trocknet im Sommer schnell aus, so daß die Pflanzen einen dauernden Wechsel zwischen Staunässe und Wassermangel zu ertragen haben. In diesen Wäldern findet man folgende Vegetation: in der Baumschicht Eichen (*Quercus robur* L.), Birken (*Betula verrucosa* Erh.), an manchen Stellen auch angepflanzt Kiefern (*Pinus silvestris* L.). (Die Nomenklatur nach F. HERMANN 1956.) Die Strauchschicht ist bei dem lockeren Bestand des teils in Hochwald überführten Mittelwaldes sehr dicht und artenreich. Auffallend häufig sind *Sorbus aucuparia* L., deren Samen durch zahlreiche Waldvögel verbreitet werden. Überall eingestreut ist *Rhamnus frangula* L., ebenfalls durch Vögel verbreitet. Inselhaft tritt in dichten Beständen *Populus tremula* L. auf, die vor allem sofort nach dem Fällen älterer Bäume die Lichtungen besiedelt. Sie läßt vermuten, daß die Eichen-Birken-Wälder zum Teil durch die Niederwaldwirtschaft aus besseren Eichen-Hainbuchen-Wäldern entstanden sind. Dies bestärkt noch mehr die Ansiedlung zahlreicher junger Birken, die vor allem die lockeren Waldbestände erobern. Mehr zerstreut treten einzelne Büsche von *Crataegus monogyna* L., *Acer platanoides* L., *Carpinus betulus* L., *Corylus avellana* L. und *Tilia cordata* Mill. auf. Es sind fast alles Überreste des Eichen-Hainbuchen-Waldes. Häufig tragen *Lonicera periclymenum* L., *Rosa canina* L., *Rubus spec.* und *Clematis vitalba* L. zur Verflechtung des dichten Unterholzes bei.

Der Adlerfarn (*Pteridium aquilinum* L.) ist mit zur Krautschicht zu rechnen, obwohl er große Waldflächen in einer ungewöhnlichen Höhe von über 2,5 m bedeckt. Er tritt meist in kiefernreichen Eichen-Birken-Beständen auf, da er wie Kiefern lockeren Boden bevorzugt. Bei stärkerer Staunässe kümmert er. In diesen Wäldern ist er von großem Nutzen, da er den Boden mit seinem ausgedehnten Wurzelwerk auflockert und in mehreren Schichten durchhöhlte. Der Wasserhaushalt wird durch den großen Laubanfall der hohen Wedel verbessert, da die sperrigen Äste eine lockere Lagerung des Humus ermöglichen. Im Schutz der hohen Farnbestände finden die Baumsämlinge ideale Keimungs- und Wachstumsbedingungen. Hier sind sie geschützt vor Sonne, Frost und Wildverbiß. Die Krautschicht zeigt in den weiteren Pflanzen deutlich den wechselnden mehr oder weniger schlechten Standort an. Eigenartig fremd wirken auf diesen Böden allerdings vereinzelt auftretende *Gentiana ciliata* L. Diese kalk- und wärmeliebende Pflanze der Trockenrasengesellschaft ist hier nur durch den Kalkgehalt der dünnen Lößauflage zu verstehen. Vielleicht kann auch das Vorkommen dieses Enzians dadurch bedingt sein, daß der Pseudogley ökologisch ein trockener Standort ist. Die Vegetationsperiode des im Herbst blühenden Enzians fällt in den Spätsommer, wenn der Boden völlig ausgetrocknet und verhärtet ist.

Im Gegensatz zu dieser kalkliebenden Pflanze ist fast die gesamte übrige Bodenvegetation die Gesellschaft der frischen bis sauren Böden. Zunächst sei das Maiglöckchen (*Convallaria majalis* L.) genannt, das die meisten Waldflächen der Ville geschlossen einnimmt. Etwas weniger häufig ist *Majanthemum bifolium* L. Beide Arten bevorzugen die feuchten, im Frühjahr bereits schattigen Wälder, sind also bevorzugt in Kiefern-Birken-Beständen anzutreffen. Aber auch in Eichenwäldern sind sie nicht selten, obwohl diese erst später belaubt sind. Hier wird die erhöhte Temperatur durch die feuchte Laubstreu und Humusschicht kompensiert, in der ihre Rhizome gute Bedingungen finden.

Das Pfeifengras (*Molinia coerulea* L.), das stets den staunassen Boden anzeigt, ist weit verbreitet. Ein besonderer Bodensäure-Anzeiger ist *Vaccinium myrtillus* L. und (nur an einer Stelle angetroffen) *Vaccinium vitis-idaea* L. Diese Pflanzen verstärken, zusammen mit den bereits genannten Arten, die Bodenversauerung. *Vaccinium myrtillus* trägt in ihrem feinen, kompakten Wurzelwerk zu einer dichtgelagerten, undurchlässigen Humus- und Auflagetorfdecke bei. Ihre Wurzeln dringen kaum in den tieferen Boden ein. Die dichte Lagerung des Auflagetorfs verhindert eine Verdunstung der tieferen Bodenschichten, wodurch die Staunässe von Herbst bis Frühjahr noch verstärkt wird. Das Bakterienleben geht wegen der hohen Bodensäure (pH ca 4), wegen Sauerstoffarmut und der sommerlichen Austrocknung des Pseudogleys zurück. Die entstehende Rohhumusdecke hält den sommerlichen Regen zurück, ohne ihn dem Boden zuzuführen. So bewirkt das Wechselwirkungsgefüge von Boden und Vegetation schlechte ökologische Verhältnisse.

Die weiteren Bodenpflanzen zeigen, daß die ursprünglichen guten Eichen-Hainbuchen-Wälder zu Eichen-Birken-Wäldern degradierten. Zum Eichen-Hainbuchen-Wald gehört als Charakterart *Geum urbanum* L. An Verbands-

Charakterarten des Fagion-Verbandes treten auf: *Brachypodium silvaticum* Huds., *Galium silvaticum* L., *Sanicula europæa* L., *Glyceria fluitans* L.

Neben diesen Überresten des früheren guten Waldes zeigen die folgenden Pflanzen den nassen Boden an: *Eupatorium cannabinum* L., *Potentilla erecta* L., *Pyrola rotundifolia* L., *Epipactis latifolia* L., *Orchis maculata* L.

Als Charakterart des Eichen-Birken-Waldes erscheint *Melampyrum pratense* L. In der kiefernreichen Eichen-Birken-Fazies trifft man gelegentlich ein dichtes Unterholz von *Ilex aquifolium* L. an, einer med.-atl. Pflanze. Sie beweist, daß Niederschläge und Luftfeuchte, aber auch Temperatur auf der Ville relativ hoch sind. Auch mag der dichte Baumbestand aus Eichen, Birken, Kiefern und Buchen ausreichende Luftfeuchte garantieren. Der an diesen Standorten etwas bessere, frisch-feuchte, lehmige Boden ist sowohl am Auftreten der Buche, wie auch des Wurmfarns (*Dryopteris filix mas* [L.] Schott) zu erkennen.

Eine Besonderheit bilden die stellenweise reinen Birkenbestände, in deren Strauch- und Krautschicht noch die Überreste des Eichen-Hainbuchen-Waldes aufkommen, so *Acer platanoides* und *Carpinus betulus*. Daneben läßt besonders die vollständige Bodenbedeckung mit *Brachypodium silvaticum* darauf schließen, daß sich der Birkenwald durch Anflug nach Rodung eines Eichen-Hainbuchen-Waldes entwickelt hat.

Erwähnenswert ist noch die Gesellschaft der Kleinseggen, die sich an den Waldwegen ansiedelt. Die nach jedem Regenfall und vor allem von Herbst bis Frühjahr schwer zugänglichen, versumpften Wege bieten mit ihren Wassergräben einer hygrophilen Flora Lebensraum. Es sind meist Seggenarten, u. a. *Carex stolonifera* Hoppe, *Carex stelulata* Good, *Carex hirta* L. und *Carex remota* Grufberg.

5. Das Landschaftsgefüge der Ville

Nach der Behandlung der einzelnen ökologischen Faktoren soll im folgenden das Wechselwirkungsgefüge der landschaftsbestimmenden Faktoren kurz zusammengefaßt werden. Als eine der vier Hauptschollen des niederrheinischen Bruchschollensystems überragt der Höhenzug der Ville die Kölner Bucht und die Jülich-Zülpicher Börde um mehrere Dekameter. Die Begrenzung der Ville verläuft im W geradlinig, durch junge Verwerfungen bedingt. Im E ist der Abhang durch die Seitenerosion des Rheins während der risseiszeitlichen Aufschüttung der Mittelterrasse geformt. Die relative Hochlage bewirkt eine Klimadifferenzierung, die sich durch niedrigere Temperaturen, häufigere und längere Schneedecke sowie stärkere Wind- und Regenexposition gegenüber den Randlandschaften bemerkbar macht.

Demgegenüber gehört der Lößhang der Ville im Osten, das sogenannte Vorgebirge, durch eine günstige klimatische Lage im Regenschatten der Eifel, durch Windschatten der Ville selbst, seine SE-Exposition und seinen guten Boden zu den intensivsten Kulturlandschaften Europas. Die Steilheit des Hanges ist hier von einem starken Lößpolster gemildert, so daß trotz der Höhendifferenz von

fast 100 m ein sanfter Abfall zur Mittelterrasse hin erfolgt (vgl. Abb. 4). Dieses Lößpolster, frühester Vegetationsbeginn und gute Absatzmöglichkeiten zu den Großstädten Köln und Bonn ermöglichen eine intensive, drei- bis vierfache Nutzung des Bodens, nicht nur im zeitlichen Nacheinander, sondern auch gleichzeitig in „Cultura mista“-Bewirtschaftung, zum Beispiel Obstbäume, Beerensträucher und Gemüse. Zu den bevorzugten Kulturen gehören Salat, Frühgemüse, Erdbeeren, Kirschen, Pfirsiche und Blumen (vgl. H. MÜLLER-MINY 1940). In letzter Zeit nimmt auch die Glashauskultur stark zu. Im Winter 1962/63 wurden zahlreiche Kirschbäume gefällt, da der erzielte Kirschpreis die Pflückkosten nicht deckt. Die freiwerdenden Parzellen dienen dem Anbau von Salat und Frühgemüse (Kohlrabi etc.). Die dichten Obstkulturen wirken sich geländeklimatisch günstig aus. Sie bieten den von der Höhe herabfallenden Westwinden Widerstand und verringern damit die Windgeschwindigkeit. Dadurch kann es trotz der vor allem im Frühjahr stark austrocknenden Lößböden nicht zur Winderosion kommen. Die intensive Bodenbedeckung vermindert besonders im Frühjahr und Herbst in Strahlungsnächten die Frostgefahr. So stehen am Vorgebirge Boden, Vegetation, Wirtschaftsformen und Geländeklima in besonders deutlichem gegenseitigen Wirkungsverhältnis. Die an sich bereits fruchtbaren Lößböden erhalten durch die jährlich mehrfache Gründung beim Einbringen der Ernterückstände eine starke Zufuhr organischer Substanz.

Alle genannten günstigen Bedingungen des Ville-Osthanges sind auf der Hochfläche nicht gegeben. Zu den genannten schlechteren klimatischen Verhältnissen kommt die Ungunst des Bodens hinzu. Der tertiäre Aufbau einschließlich des Kohlenflözes wird von einer Schicht wechselnd mächtiger Hauptterrassenschotter des Rheins überlagert. Diese sind im Bereich der Wald- und Braunkohlen-Ville von einer nur geringmächtigen Lößauflage bedeckt, die nach Norden hin zunimmt und im Neurather Lößplateau eine Mächtigkeit von 20 m erreicht. Diese verschieden mächtige Lößdecke bedingt die Wirtschaftsformen der Ville, die im südlichen Teil mit Ausnahme einiger Rodungsinseln ausschließlich Wald trägt und im N zu den fruchtbarsten Agrarlandschaften Deutschlands gehört.

Die Kühle der relativen Hochlage, die winterliche längere Schneedecke und die sommerliche starke Einstrahlung verursachen bei der dünnen Lößlage auf den verdichteten Schottern einen wechselfeuchten, staunassen Boden, der selbst für einen anspruchslosen Eichen-Birken-Wald nur schlechte Wachstumsmöglichkeiten bietet. Die auftretenden Pflanzen dieser bodensauren Wälder sowie die dichte Laubstreu verfilzen und versauern den Boden in zunehmendem Maße. Nur der Rand der Hochfläche im W und E ermöglicht infolge stärkerer Lößbedeckung stellenweise Buchenbestände.

Die bisher dargestellten Landschaftsverhältnisse herrschten auf der Braunkohlenville bis zum Jahre 1877, als nach anfänglichen kleinen Handbetrieben infolge Einführung der Brikettpresse die industrielle Entwicklung des Bergbaus begann. Im Laufe der folgenden acht Jahrzehnte wurde die organisch gewachsene Landschaft völlig umgestaltet. Der Mensch griff in den Naturhaushalt

der Landschaft derart tiefgreifend ein, daß vom geschilderten Naturgefüge auf der Hochfläche nichts mehr erhalten blieb. Der Eingriff begann mit einer weitgehenden Zerstörung der alten Landoberfläche und führte zur Schaffung roher, unbelebter Geländeformen. Dies sei zunächst durch die Analyse der ökologischen Einzelfaktoren untersucht.

II. Analyse der abiotischen ökologischen Faktoren im ausgekohlten Gelände

1. Die Veränderung des Landschaftsbildes durch den Abbau der Kohle

Um an die Kohle zu gelangen, mußte das Deckgebirge abgetragen werden. Solange der Bergbau nur die waldbedeckten Gebiete erfaßte, wurden nur wenige Interessensgemeinschaften dadurch betroffen. Aber schon einzelne Felder, Straßen und Eisenbahnstrecken, vor denen der Abbau nicht haltmachen konnte, zeigten die großen Probleme, die heute die Braunkohlenindustrie beschäftigen. Auch die wenigen Siedlungen, die im Bereich der Ville lagen, mußten mit der Zeit dem Braunkohlenabbau zum Opfer fallen. Als erstes mußte das Dorf Bottenbroich weichen und in neuerer Zeit u. a. Berrenrath. Die neue Siedlung wurde, nur 600 m von der alten Ortschaft entfernt, in einem tiefgelegenen, ausgekohlten Tagebau nach modernen städtebaulichen Gesichtspunkten als Neu-Berrenrath aufgebaut.

Die Veränderung der Landschaft durch den Abbau der Kohle veranschaulicht Abb. 5. Das ca. 40 m mächtige Flöz wird im Südevier noch durch Kratzbagger abgebaut, die die Kohle in zwei Etagen gewinnen. Im Hintergrund sind die landschaftsbestimmenden Industrieanlagen von Knapsack-Berrenrath mit Kraftwerk, Brikettfabriken, Stickstoff- und Phosphorfabrik zu erkennen.

Durch den Abbau der Kohle wird das Relief des Untersuchungsgebietes völlig verändert. Es weist im Gegensatz zur ursprünglichen Landoberfläche infolge des Massendefizits sowie Kippenaufschüttung in den ausgekohlten Gruben Höhendifferenzen bis zu 40 m auf (vgl. Profil C-D, 2 im Anhang). Im südlichen Teil des Reviers reichten die geringmächtigen Deckschotter (ca. 12 m) nicht aus, um die Tagebaue wieder aufzufüllen. Da in der Frühzeit des Bergbaues keine Verpflichtung zur Einebnung des Geländes bestand, trifft man dort den ständigen Wechsel zwischen flachen Tieflagen, wassererfüllten Restlöchern und steil aufgeschütteten Kippen. Die Unterschiede des Mesoreliefs ermöglichten auf dem Wege der Rekultivierung in den letzten 20—30 Jahren das Entstehen einer wechselvollen Wald-Seen-Landschaft mit eingestreuten Feldern (vgl. Karte 2). Im nördlich anschließenden Gelände (etwa nördlich der Luxemburger Straße) ist man heute bemüht, weiträumige, ebene Geländeformen zu schaffen, wodurch eine intensive landwirtschaftliche und forstliche Wiedernutzbarmachung möglich sein wird. Von besonderem Interesse für die vorliegenden Untersuchungen waren die durch die Technik beschaffenen noch

nicht rekultivierten Geländeformen. Auf diesem vegetationslosen Land können ungewöhnliche Erosionsformen beobachtet werden.

2. Morphologische Kleinformen des Mesoreliefs

Der gesamte Formschatz der Erosion durch fließendes Wasser kann auf den nicht von Vegetation bedeckten Halden in Kleinformen studiert werden. Aus der Fülle der Beobachtungen seien im Rahmen dieser Schilderung der naturbedingten landschaftsbestimmenden Faktoren die Erosionsformen nur in ihrer Wirkung auf die Pflanzenbesiedlung angeführt.

a) **Erosionsformen.** Die Steilheit der Hänge und die lockere Lagerung der Kiese bieten der Erosion vorzügliche Angriffsmöglichkeiten. Die rückschreitende Erosion zerfurcht die Haldenränder. Große cañonartige Schluchten fressen sich ins Innere der Kippen ein. Hier, wo die schützende Vegetationsdecke fehlt, entstehen Kleinformen der Abtragung, die Ähnlichkeit mit solchen aus semiariden Gebieten haben. Die in semiariden Klimaten typischen gelegentlichen Starkregenfälle führen mit ihrer erosiven Zerstörung der fast vegetationslosen Hänge zu sogenannten Calanche. Ähnliche Erscheinungen lassen sich, wie Abb. 6 zeigt, auch auf den vegetationslosen Kippen beobachten. Wie stark die Abtragung sein kann, möge die Abb. 7 zeigen. Die ungeschützten Mischböden grobkörniger und feinerdiger Kiese werden selektiv erodiert, so daß es zur Ausbildung von Erdpyramiden kommen kann. Die im Lehmboden eingeschlossenen Steine schützen die unter ihnen liegenden Schichten vor Auswaschung, so daß Rippen oder Türme erhalten bleiben. Wenn bei weiterer starker Erosion der schützende Stein abgetragen wird, entwickelt sich die spitze Kegelpyramide. Der Regen kann nun die Hangpartien nach allen Seiten hin abtragen bis ein neuer Stein die Erosion aufhält und zur Ausbildung einer Turmpyramide führt.

Die genannten Erosionsformen waren nur aufgrund der Vegetationslosigkeit der Hänge möglich. Sie verhindern zugleich aber in starkem Maße die Besiedlung durch Pflanzen, da angeflogene Samen und junge Keimlinge wieder abgeschwemmt werden. Auf diese Weise bleiben die Steilhänge der Kippen längere Zeit vegetationslos.

b) **Akkumulationsformen.** Außer den Erosionsformen lassen sich natürlich auch zahlreiche Akkumulationsformen beobachten. Infolge deflativer Zerstörung der westexponierten Kippenhänge, unterstützt von der erodierenden Wirkung des Regens, sammeln sich am Fuße der Halden große Schuttkegel. Diese stehen im Gegensatz zu den häufiger anzutreffenden Schwemmkegeln, die am Ausgang jeder Erosionsrinne entstehen (s. Abb. 8). Die Schwemmkegel beeinflussen in verschiedener Weise die pflanzliche Besiedlung der rohen Böden. Zunächst werden von der Höhe herab, auch aus weiter entfernten Gebieten, eine Vielzahl von Samen in die tiefliegenden, ausgekohnten Geländeformen eingeschwemmt. Auf dem feinkörnigen Schwemmboden keimen sie sehr rasch und bilden in kurzer Zeit geschlossene Bestände. Häufig geschieht es jedoch, daß infolge weiterer Vergrößerung der Schwemmkegel die bereits gekeimten

Pflanzen verschüttet werden, wie dies auch durch Erdbeben und Böschungsabbrüche geschehen kann (s. Abb. 9).

c) Kammeis und windgestreifter Auffrierboden. Eine in den ausgekohnten Tagebauen häufig auftretende Erscheinung ist das Kammeis. „Unter Kammeis versteht man Bodeneis, das sich in dichten Büscheln feiner, nadelförmiger Eiskristalle unter der Bodenoberfläche bildet . . . Kammeis entsteht auf feinkörnigem, nacktem Boden bei spärlicher Vegetation und fehlender Schneedecke durch kurze Frosteinwirkung auf die Bodenoberfläche, am häufigsten durch nächtlichen Ausstrahlungsfrost . . . Die Untergrenze der Eisnadeln bildet eine glatte, feuchte und nicht mehr gefrorene Fläche. Das Kammeis entsteht an der Grenze einer oberflächlich abgetrockneten Bodenfläche gegen den feuchten Unterboden, und zwar dadurch, daß aus den Poren des feuchten Bodens Wasser zur Bildung der langen Eisnadeln hochgesaugt wird . . . Wenn das Kammeis sich durch mehrere Tage und Wochen weiterbilden kann, . . . kann man die Eisbildung der einzelnen Tage an einer deutlichen, der Unterfläche parallelen Schichtung unterscheiden. Die Schichten nehmen nach unten an Mächtigkeit ab, da ja die Frostwirkung durch das sich allmählich mehrende Eis verringert und der Wasservorrat aufgebraucht wird“ (C. TROLL 1944). In vielen Teilen des ausgekohnten Reviers besteht der Boden aus lockerem Kohlenstaub. Dieser feine, im Winter stark wassergesättigte Boden ermöglicht Kammeisbildung von 20 cm Mächtigkeit (s. Abb. 10). Die von TROLL beschriebene Schichtung ist auch hier ausgebildet und auf dem Foto deutlich zu erkennen. O. KRUMME (1935) berichtet von maximal 40 cm hohem Kammeis aus dem Hochtaunus während einer längeren, scharfen Frostlage.

Die von TROLL (1944) im Mt. aux Sources Massiv Ostafrikas zuerst beobachtete Erscheinung eines „windgestreiften Auffrierbodens“ ist auch auf der Ville zu finden. TROLL schreibt: „Es ist nicht schwer, sich vorzustellen, daß bei starken einseitigen Winden die Kammeisbildung unter den oberflächlichen Bodenkrümeln sich in einer gewissen Anpassung an den kühlenden Wind vollzieht, da ja auch die Kleinbewegung der Luft zwischen den aufragenden Erdpartikeln eine gewisse Orientierung hat.“

Die Kohlenstaub-Feinerdekrümel zeigten im ausgekohnten Gelände eine parallele Streifung im Wechsel von 3—4 cm von NE nach SW, also in Richtung der kalten NE-Winde, die in unserem Klimabereich bei winterlichen Ausstrahlungsnächten herrschen (s. Abb. 11). TROLL beobachtete ebenso die Ausrichtung der Streifen nach der Richtung der kalten Winde. Wo im Braunkohlenrevier windgeschützte Stellen auftreten, wo stark durchfeuchtete Kohlenböden fast ganzjährig beschattet sind und keine Vegetation tragen, ist die Bildung des Kammeises besonders stark. Die Windruhe läßt dort naturgemäß keine Streifung des Eises und der gehobenen Bodenkrümel entstehen. In solchen Schattengebieten in Tieflage kann regelmäßig über längere Zeit hinweg Kammeis beobachtet werden, während in geringer Entfernung in Sonnensexposition nicht einmal nächtliche Fröste auftreten.

Die besonders in periglazialen Bereichen stattfindenden Bodenbewegungen infolge Wechsels zwischen Gefrieren und Tauen vollziehen sich während des

ganzen Winterhalbjahres, besonders auf den Kohlenstaubböden, die starken Extremtemperaturen ausgesetzt sind. Der Frostwechsel im zeitigen Frühjahr lockert den Boden auf und begünstigt die Wasseraufnahme im dicht geschlämmten Feinboden, so daß die angewehten oder eingeschwemmten Samen gute Keimungsbedingungen finden.

3. Allgemeine Charakterisierung der Kippenböden

Die Qualität der verkippten Mischböden ist von entscheidender Bedeutung für den neuen Landschaftshaushalt, da sie die Voraussetzungen für die spontane Vegetationsbesiedlung wie auch für die spätere Rekultivierung schafft. Die edaphischen Verhältnisse auf den Kippen sind meist ungünstig. Das Gemisch aus allen früheren Bodenhorizonten ist nicht als Boden zu bezeichnen, sondern besser als künstliches Sediment. J. H. COPIEN (1956) definiert die Kippenböden folgendermaßen: *„Die augenfälligsten Merkmale einer Kippe sind die völlige Strukturlosigkeit des Bodens, das Fehlen jeder horizontalen Schichtung, der anfängliche Mangel aller vegetativen Stoffe und jeder vegetativen Bodendecke... Bezüglich der physikalischen Eigenschaften besteht der grundlegende Unterschied zum gewachsenen Boden in dem sehr lockeren Gefüge der Kippe... Infolge der Lockerheit ist das Porenvolumen des Bodens sehr groß und die Bodenluft ist daher in der Lage, bei ihrer Zirkulation große Tiefen zu erreichen. Bei dieser Gelegenheit wird das im Boden befindliche Sicker- und Haftwasser von der Luft aufgenommen und an den trockenen Stellen, an dem der Austrocknung durch die Luft und dem Wasserentzug durch die Pflanzen ausgesetzten Teil der Kippe, als Kondenswasser niedergeschlagen. Die Ergänzung des so entzogenen Wassers kann auf der Kippe in größerem Ausmaß erfolgen als im gewachsenen Boden auf grundwasserfernen sowie allen Standorten mit ungünstiger Wasserführung... Hinzu kommt, daß sich allem Anschein nach in der Kippe mehr Haftwasser als im gewöhnlichen Boden gleicher Art befindet... Auf Grund dieser Tatsachen kann in Dürrezeiten stets festgestellt werden, daß die Kippenböden kaum einen Meter tief austrocknen, während der umliegende gewachsene Boden bis auf mehrere dm staubtrocken werden kann.“*

Demgegenüber boten jedoch Pappel-, Birken-, Erlen- und Lärchenbestände im Dürresommer 1959 schon Mitte Juni einen ausgesprochenen Herbstaspekt. Dies kann durch die tiefgründige Lockerheit des Bodens erklärt werden, denn bei der intensiven Sonneneinstrahlung (nach Angabe der Wetterwarte Bonn im Juni 1959 über 200 % des langjährigen Mittels) sowie der hohen Verdunstung wurde das Wasser aus größter Tiefe heraufgeholt und ging dem Pflanzenhaushalt verloren. In gleichem Sinn äußert COPIEN: *„Wenn auch der obersten Schicht durch Haftwasser immer wieder ein gewisses Maß an Feuchtigkeit zugeführt wird, muß der Standort doch als sehr trocken bezeichnet werden. Er befindet sich bei normaler Witterung nicht im Feuchtigkeitszustand des gewachsenen Bodens in seiner obersten, bearbeiteten und durchwurzelten Schicht, in der das Wasser infolge des Gehaltes an wasserhaltenden Stoffen oder infolge des Kulturzustandes den Boden längere Zeit erfüllt.“* Der Gehalt

an wasserspeichernder organischer Substanz ist somit für den Wasserhaushalt der Kippen besonders wichtig. Die Umtauschkapazität der Böden bestimmt Bodenreaktion sowie Ein- und Austausch der Nährstoffe. Demgemäß war es angebracht, die organische Substanz, Humussäuren und Sorptionsverhältnisse einer näheren Analyse zu unterziehen.

4. Chemismus der verkippten Böden

Zur Methodik der Analysen. Der pH -Wert in H_2O und KCl -Lösung wurde mittels einer Glaselektrode gemessen. Die Hydrolytische Azidität wurde nach KAPPEN (s. R. HERRMANN, Methodenbuch 1955) bestimmt. Die sorbierten H -Ionen (T - S -Wert) errechneten sich aus dem y_1 -Wert der Hydrolytischen Azidität durch Multiplikation mit dem Faktor 0,65. Der S -Wert (Austauschbare Erdalkali- und Alkali-Ionen) der sauren Böden wurde nach KAPPEN, der basischen Böden nach VAGELER-AITEN bestimmt (s. HERRMANN 1955). Damit konnte auch der T -Wert (Summe der sorbierten Basen und H -Ionen) sowie die Werte der Basensättigung (V) errechnet werden. Der Gehalt an organischer Substanz wurde durch Glühverlust ermittelt, die Humussäuren und deren Fraktionierung nach SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL (1960).

Bodenreaktion, organische Substanz und Humussäuren. Der pH -Wert der verkippten Böden streut entsprechend der unterschiedlichen Anschüttung sehr. Reiner Kohlenstaub erwies sich als sehr sauer, mit pH -Werten von 4,2 bis 5,7. Noch saurer können solche Böden sein, in denen Reste des früheren Pseudogleys oder tertiäre Tone enthalten sind. Der in diesen Böden gemessene niedrigste pH -Wert lag bei 3,9. Die übrigen Mischböden schwanken zwischen 4,2 und 7,0, bleiben also insgesamt im sauren bis neutralen Bereich (vgl. Tabellen 1 und 2).

Von größter Bedeutung für die Pflanzenbesiedlung ist der Gehalt an organischer Substanz und Humussäuren. In dieser Hinsicht sind die Kohlenböden und zum Teil auch die mineralischen Mischböden recht günstig. Die Kohle be-

Tabelle 1: Kohlenböden und mineralische Mischböden

Nr.	Boden	pH (KCl)	in % des Bodens (0,5 mm Korngr.)			
			org. Subst.	Humuss.	Humins.	Fulvos.
1	feuchte Kohlensenke	5,7	76,4	27,7	12,5	15,2
2	dito, in 10 cm Tiefe, Grundwasserhorizont	4,6	70,7	13,8	10,4	3,4
3	Trockene Kohle	5,0	78,2	19,5	13,6	5,9
4	dito, in 10 cm Tiefe	4,5	83,9	18,8	14,2	4,6
5	Vegetationslose Kohle	4,7	67,2	20,7	11,2	9,5
6	Grasinsel, 5 cm durchwurzelt	5,9	70,5	23,1	13,0	10,1
7	Trockene Kohle am Seeufer	5,0	74,9	26,9	14,1	12,7
8	dito, in 10 cm Tiefe	4,2	65,7	27,5	14,8	12,7
9	Grasinsel, dichter Wurzelfilz	5,2	69,2	30,0	15,3	14,7
10	Kies und Sand	5,9	4,8	2,3	1,3	1,0
11	dito, in 10 cm Tiefe	5,1	12,5	3,1	2,3	0,8
12	dito, in 40 cm Tiefe	5,1	18,0	2,9	1,4	1,5

Tabelle 2: Sorptionsverhältnisse des Kohlenbodens und mineralischen Mischbodens

Nr.	Boden	pH	in mval je 100 g Boden				Hydr.
			S	T-S	T	V	Az. y ₁
3	Trockene Kohle	5,0	73,4	65,1	138,5	53,1	110,3
4	dito, in 10 cm Tiefe	4,5	69,0	121,8	190,8	30,8	187,6
13	Ton unter Kohle	4,5	39,9	45,5	85,4	64,0	21,5
10	Kies und Sand	5,9	19,0	17,6	36,6	51,9	27,0
11	dito, in 10 cm Tiefe	5,1	19,5	17,3	36,8	52,9	26,8
12	dito, in 40 cm Tiefe	5,1	17,0	18,3	35,3	48,1	28,5
14	brauner Sand und Ton	5,1	27,2	19,3	46,5	58,4	28,8
15	schwarzer Sand und Kies	6,6	7,5	7,7	15,2	49,1	11,9
16	dito, 5 cm tiefer	6,2	4,7	9,3	14,0	33,5	14,4

steht im Mittel zu 73 % aus organischer Substanz. Erstaunlich hoch ist der Gehalt an Humussäuren mit durchschnittlich 22 %. In Kapitel II, 7, wird die außerordentliche Bedeutung der Humussäuren für den Wasserhaushalt, die Nährstoffaufnahme, Krümelstruktur etc. im einzelnen auszuführen sein. Die Fraktionierung der Humussäuren in Huminsäuren, die den milden Dauerhumus kennzeichnen, und Fulvosäuren, aus denen der Rohhumus besteht, ergab günstige Werte. Die 22 % Humussäuren der Kohlenböden teilen sich auf in 13 % Humin- und 9 % Fulvosäuren (Mittelwerte). Auch die Rohböden, die zwar keine natürliche organische Substanz besitzen, enthalten aber durch Kohlebeimischung bis zu 18 % organische Substanz mit einem Humussäuregehalt von 3 % (Einzelwerte vergleiche Tabelle 1, Boden 10—12).

Es wurden keine Lößböden analysiert, da der überwiegende Teil des Untersuchungsgebietes lößfrei ist und über Löß, wie bereits erwähnt, genügend Analysen vorliegen (G. HEIDE etc.).

Sorptionsverhältnisse. Die Kohlenböden, auf denen sich spontan zahlreiche Pflanzen finden, wurden bevorzugt untersucht. Die Hydrolytische Azidität dieser sauren Böden ist extrem hoch. Der y_1 -Wert liegt zwischen 50 und 187. Die Menge der austauschbaren Erdalkali- und Alkali-Ionen (S-Wert) schwankt zwischen 69 und 81 mval/100 g Boden (0,5 mm Korngröße). Die sorbierten H-Ionen (T-S) liegen naturgemäß wieder sehr hoch, bis 121 mval. Die Summe der sorbierten Basen und H-Ionen (T) ist entsprechend mit 123 bis 190 mval ebenso extrem hoch. Der Sättigungsgrad (V) zeigt wiederum mit nur 30 bis 74 % den sauren Standort an und liegt relativ niedrig (vgl. im einzelnen Tabelle 2, Bodenprobe 3, 4 und 13).

Die mineralischen Mischböden erwiesen sich für die Pflanzenbesiedlung günstiger. Ihre Hydrolytische Azidität liegt unter 30, ihr S-Wert zwischen 4,7 und 27 mval, T-S zwischen 7,7 und 19,3, der T-Wert zwischen 14,0 und 46,5 mval. Die Basensättigung (V) ergibt mit 33,5 bis 58,4 % wiederum eine gute Mittelage (vgl. Tabelle 2 Bodenproben 10—16).

5. Der Wasserhaushalt

a) Die Seen. Die in verschiedener Tiefe im Liegenden der Kohle lagernde Tonschicht verursacht einen stark wechselnden Grundwasserhorizont. Auf nur

wenige Meter Entfernung treten dadurch Seen in unterschiedlicher Höhenlage auf. Diese besitzen oft nur einen kleinen Einzugsbereich des versickerten Niederschlagswassers, das auf der stauenden Tonschicht zu den Tieflagen hin zusammenfließt. Infolge des unterschiedlichen Einzugsbereiches sowie der ungleichmäßigen Tiefe der Tonschicht kann es so geschehen, daß zwei benachbarte Seen in Größe, Tiefe und Wasserspiegel ganz erheblich voneinander abweichen (s. Liblarer See und Irissee). Die Seen bilden in ihrer großen Anzahl ein neues Landschaftselement, das der ursprünglichen Vile fehlte, heute aber weitgehend landschaftsbestimmend ist.

1. *Morphologie der Seebecken und Temperaturschichtung des Wassers.* Diese neuartigen Seetypen besitzen in ihrer Gestalt und der Art ihrer Umwelt sowie in ihrem Chemismus besondere Eigenschaften. So bieten sie den später sich findenden Lebensgemeinschaften ungewöhnliche Voraussetzungen. Die Tiefe der Seen schwankt zwischen 50 cm und 10 m. Damit sind es relativ flache Becken, deren Ränder jedoch oft steil ansteigen. Sie liegen nach ihrer Bodengestalt zwischen den flachen niederrheinischen und norddeutschen Seen und den erheblich tieferen Eifelmaaren (vgl. Profil 1 und 2).

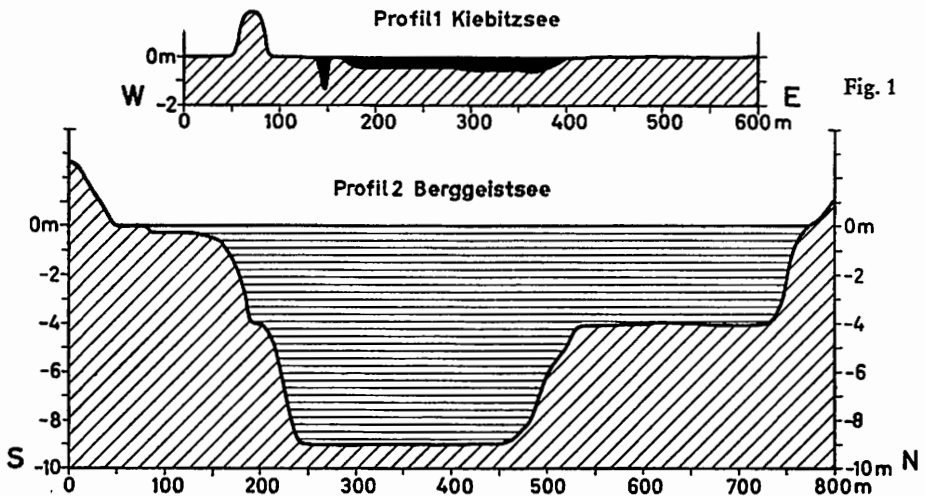


Fig. 2

Die morphologischen Verhältnisse wirken sich entsprechend auf die Temperaturen der Seen aus. Die typische sommerliche Temperaturschichtung der tiefen Seen mit der sogenannten Sprungschicht besitzt nur ein See, dessen Temperaturschichtung im Sommer, Winter und Frühjahr Profil Nr. 3 zeigt. Die übrigen Seen weisen infolge ihrer geringen Tiefe und starken Windexposition eine ständige Vollzirkulation auf, das heißt die Wassertemperatur ist in jeder Tiefe fast gleich (vgl. Figur 3 und Tabelle 3).

Profil 3 Temperaturschichtung Bergeistsee

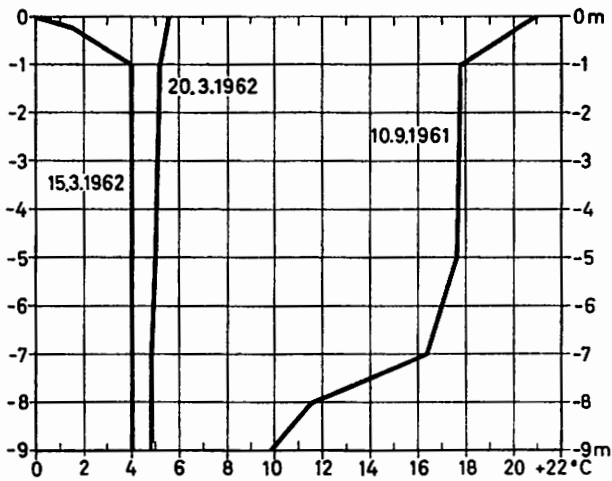


Fig. 3: Temperaturschichtung (am 15. 3. 1962 unter Eis)

Tabelle 3: Temperaturschichtung der Seen (in °C)

1. Gruhlsee (9. 9. 1961)	1 a. Gruhlsee (2. 3. 1962)
Luft 17,0	Luft 8,0
Wasseroberfläche 17,6	1 m Tiefe 2,0
1 m Tiefe 17,4	5 m 2,0
2 m 17,2	9 m 2,0
3 m 17,2	2. Liblarer See
4 m 17,2	Luft in 1 m 21,5
5 m 17,2	in 0,5 m 20,8
9 m 17,0	Wasseroberfläche 18,0
	2 m Tiefe 17,8
	4 m 17,6
	5 m 17,3
	6 m 17,2

2. *Chemismus des Wassers.* Die Seen liegen eingebettet in Vertiefungen auf Restkohle oder tertiären Tonen und sind zum Teil umgeben von den Schottern des Deckgebirges. Diese Umgebung bestimmt den Chemismus des Wassers. Die pH-Werte sind sehr niedrig und liegen zwischen 4,4 und 6,0. Vor allem die kleinen, sauren Seen, deren Wasserstand und pH-Wert mit den Niederschlägen stark schwanken, bieten extreme Verhältnisse.

Mit maximal 2 mg/l NO_3 sind die Seen sehr stickstoffarm, jedoch relativ reich an Chlorid, das zwischen 15 und 43 mg/l beträgt. Sehr hohe Beträge erreicht das Ca mit 17—42 mg/l. Doch liegt das Ca nicht als Carbonat vor, sondern als Calciumsulfat, was durch die Karbonathärte des Wassers bewiesen wird. Diese liegt zum Teil extrem niedrig zwischen 0,2 und 12,2° dKH. Die Gesamthärte dagegen ist mit 14,4 bis 60,4° dGH außergewöhnlich hoch. Die Seen besitzen

also extrem hartes Wasser. Der Gehalt an organischen Bestandteilen ist mit 21—57 mg/l KMnO_4 -Verbrauch recht hoch (Wasseranalysen nach: Deutsches Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung 1954) (vgl. im einzelnen die Analysen der Tabelle 4).

Tabelle 4: Chemismus der Seen

Nr.	Name	NO_3	mg / l		CaO	dKH	Grad dGH
			Chlorid-Ion	KMnO_4 -Verbrauch			
1	Schilfsee	1,5	30	50	21,6	12,2	28,4
2	Zwergtauchersee	1,5	22	32	26,8	8,2	36,4
3	Zwillingsee	1,5	18	27	29,4	10,0	39,4
4	Seerosensee	1,5	25	51	17,0	9,4	23,6
5	Silbersee	1,5	15	25	18,8	6,6	25,2
6	Bachlauf am Kiebitzsee	1,5	43	19	27,2	7,6	36,2
7	Reihersee	2,0	30	46	27,8	8,4	39,8
8	Kiebitzsee Westufer	1,0	21	27	40,6	1,0	60,4
9	Kiebitzsee Ostufer	1,0	21	21	42,0	0,6	58,8
10	Zwischen Kohlendämmen	1,5	39	51	34,0	0,2	45,0
11	Sumpf am Kiebitzsee	1,0	21	21	42,2	0,6	58,0
12	Liblarer See	1,5	34	41	33,6	3,6	45,4
13	Irissee	1,5	17	53	22,4	5,4	29,8
14	Eisvogelsee	1,0	32	57	14,8	11,9	20,2
15	Berggeistsee	1,0	16	51	11,4	4,4	14,4

b) Bachläufe und Grundwasserverhältnisse. Sowohl im nicht rekultivierten wie auch im forstlich rekultivierten Gelände sind häufig Wasserläufe anzutreffen, die als Entwässerungsgräben das abfließende Regen- und Grundwasser aufnehmen. Teilweise regulieren sie den Abfluß und damit den Wasserstand der kleineren Seen, die durch solche Gräben miteinander in Verbindung stehen. Zwischen Luxemburger und Zieselsmaarer Straße wird auf diese Weise die Entwässerung des ausgekohlten Reviers geregelt. Der zuletzt eingeschaltete See entwässert in einen Stollen zur Erft hin. Wo solche Entwässerungsgräben oder Stollen fehlen, steigt der Wasserspiegel eines Teils der Seen ständig an. Das in den Tieflagen zusammenfließende Oberflächen- oder Sickerwasser übertrifft die Menge des verdunsteten und durch die Vegetation verbrauchten Wassers. Vor allem die im vegetationslosen Neuland eingebetteten Seen, so der Liblarer See, weisen einen steigenden Wasserspiegel auf. Dadurch werden weite Uferbereiche überschwemmt und zum Teil bereits angelegte Forsten überflutet. Ein Meßpegel im Kiebitzsee auf Restkohle und Ton registrierte sofort das starke Ansteigen des Sees nach Niederschlägen, da das versickerte Wasser fast völlig auf der stauenden Tonschicht zum See hin fließt. Da dieser kleine See einen natürlichen Abfluß besitzt, sinkt der Wasserstand jedoch rasch wieder auf eine Normalhöhe ab. Das Niederschlagswasser geht somit unproduktiv verloren. Im Dürresommer 1959 trocknete der See bis auf kleine Restflächen völlig aus.

Kleinere Seen in vegetationsbedeckter Umwelt scheinen im Grundwassergleichgewicht zu stehen. So behält der abflußlose Irissee seit Jahren einen konstanten Wasserstand, während der nur ca. 200 m entfernte große Liblarer See

ständig ansteigt. Das sanft zum Irissee abfallende Gelände besitzt anscheinend fließendes Grundwasser, worauf große, geschlossene Bestände von *Scirpus silvaticus* hinweisen.

6. Gelände- und Mikroklima

a) Typische Wetterlagen im Revier. Über den eingangs kurz geschilderten Klimacharakter der Ville hinaus sollen noch einige Wetterlagen aufgeführt werden, die im Industriegebiet des Braunkohlenreviers besondere Auswirkungen erfahren. Zunächst seien Stürme aus W, SW und NW erwähnt. Der lockere Kohlenstaub im Liegenden, auf noch nicht rekultiviertem Gelände, wird aufgewirbelt und ergießt sich in regelrechten Staubstürmen in die Kölner Bucht. Bei einem Föhnsturm am 5. 12. 1961, mit Windgeschwindigkeiten aus SW bis zu 20 m/s war die Sonne hinter einer dichten, braunen Staubwolke verborgen. Der Sturm peitschte die Wasserfläche des dortigen nur ca. 150 m breiten Kiebitzsees zu 40 cm hohen Wellen auf. Ein anschließender Regenschauer, der den Sturm beendete und den Staub niederschlug, ließ die Lufttemperatur von 12° auf 8° C absinken. Bei nachfolgender Windruhe setzte in der Nacht Frost ein.

Besondere Beachtung verdienen bei jeder Wetterlage die Wolkenbildungen. Meist stehen über der Ville Fabrikwolken. Etwa 30 Fabriken und 20 Kraftwerke schleudern täglich eine große Menge Kohlenstaub und Wasserdampf in die Luft. Die größte Auswirkung hat der Industriekomplex von Knapsack-Berrenrath. Einige Beispiele der Wolkenbildung seien erwähnt. Nach klarer Nacht (28. 9. 1961) kam nach Sonnenaufgang zunehmender Dunst auf. Gegen 8.30 Uhr zogen durch den ausgekohlten, tiefliegenden Tagebau Vereinigte Ville starke Nebelfelder, die sich in diesem Kaltluftsee verdichteten. Der auffrischende NE-Wind lockerte den Nebel jedoch rasch auf. Bei tiefblauem Himmel wölbte sich über den Industrieanlagen von Knapsack eine starke Dunstglocke, die sich über die Erftniederung bis zum Horizont hinzog. Am frühen Vormittag stieg bei anfangs klarem Himmel der Staub, unterstützt von der aufsteigenden Wärme, hoch hinauf. Bei zunehmender Verdunstung des feuchten Bodens deutete sich die Abschwächung des Hochdruckeinflusses in einer Wolkenbildung an, die sich im Kondensationsniveau durch die aufsteigende Flugasche entwickelte. Lange bevor eine allgemeine Bewölkung einsetzte, sagten die Fabrikwolken eine solche schon voraus. Diese allgemeine Bewölkung trat gegen 11 Uhr im N und NE auf. Um 11.30 Uhr bildeten sich die ersten Kumuluswolken über der Eifel, um 11.45 Uhr über der Ville außerhalb der Industrieanlagen. Um 12.30 Uhr war der Himmel zu 90 % bedeckt, um 13 Uhr völlig. Am Nachmittag lockerte sich die Wolkendecke in einzelne Felder auf. Gegen Abend spielte sich der rückläufige Vorgang ab. Der Hochdruckeinfluß setzte sich, begünstigt durch die abendliche Abkühlung, durch und löste die Wolkfelder auf. Nur die Fabrikwolken blieben noch bestehen (Abb. 12). Mit sich verstärkendem Hoch und Temperatúrausgleich der Luftschichten waren schließlich bei Sonnenuntergang (Abb. 13) auch die Fabrikwolken aufgelöst. Es blieb wie am Morgen nur eine große, dunkle Dunstglocke, die während der Nacht, zu-

sammen mit den aufsteigenden Dampfswaden, von den brennenden Abgasen der Phosphorfabrik erleuchtet wurde.

Eine Hochdrucklage am 3. 3. 1961 hatte folgende Auswirkung: Bei sich verstärkendem Hochdruckeinfluß (780 mm) nahm die Wolkendecke rasch ab, und die relative Luftfeuchte sank auf 50 %; bei mäßigem SE stieg am wolkenlosen Himmel der Rauch des Industriegebietes flach auf und bildete in ca. 1500 m ein verdichtete, in weiten Wellen wogende Schicht, die sich über 50 km weit verfolgen ließ.

Neben den stürmischen und windigen Tagen machen sich im Bereich der Industrieanlagen besonders die windstillen Nebeltage unangenehm bemerkbar. Die große Flugaschensedimentation bedeckt die Straßen im ca. 5 km Luftlinie entfernten Brühl noch mit einer mehrere mm hohen, schmierigen Masse. Die Nebelbildung auf der Ville wird durch die Staubentwicklung der Industrie noch verstärkt. WEISCHET (1955) schreibt dazu: „*Der Staub fällt in wahrstem Sinne des Wortes jedem in die Augen . . . Der Reichtum der Kondensationskerne bewirkt in Ausstrahlungsnächten schon Nebelbildung, wenn die Bördzone noch keinen Nebel hat . . .*“

Eine sehr eigenartige Erscheinung konnte man vor einigen Jahren während einer fast zweiwöchigen winterlichen Hochdrucklage beobachten. Durch ein konstantes Hoch über Mitteleuropa herrschte fortgesetzt leichter Westwind. Die etwa 10 cm hohe Schneedecke löste sich bei wolkenlosem Himmel und niedriger Tagestemperatur infolge Verdunstungsablation (Sublimation) rasch auf. Die Verdunstung des Schnees ergab eine erhöhte Luftfeuchte, die wiederum zur Bildung von Fabrikwolken führte. Eine konstante Wolkenbank zog sich quer über die Kölner Bucht. Erreichte man, aus dem schneefreien Köln kommend, den Schatten dieser Wolken, befand man sich in einer verschneiten Landschaft. Durch unveränderten Wolkenzug und täglichen Durchgang der Sonne entstand dieser schneebedeckte Schattenstreifen. Zwei km weiter südlich endete der Wolkenschatten und damit die Schneelage.

Neben der geschilderten Beeinträchtigung des Klimas infolge der Industrieanlagen können besonders reliefbedingte geländeklimatische Modifizierungen beobachtet werden, die im Folgenden untersucht werden sollen.

b) Temperatur und Luftfeuchte der bodennahen Luftschicht. In einem Gelände, das den Witterungseinflüssen völlig offen ausgesetzt ist, bietet sich vielseitige Gelegenheit zu charakteristischen Gelände- und Mikroklima-Untersuchungen. An Hand von Mikroklimamessungen an extrem exponierten Standorten des ausgekohlten Geländes sollte die ökologische Ungunst der nicht rekultivierten Geländeformen festgestellt werden. Zum Vergleich wurden Mikroklimawerte im rekultivierten Gelände gemessen.

Methodik der Messungen. Es wurde ein Meßprofil der Temperaturextreme durch den ausgekohlten Tagebau Vereinigte Ville gelegt (vgl. Karte 3). An den in den Temperaturkurven 1—4 (Figur 15—18) bezeichneten Meßpunkten wurden in 10 cm Höhe das Minimum- und in 20 cm das Maximumthermometer aufgestellt. Die Temperaturverhältnisse der freien Ein- und Ausstrah-

lung sollten gemessen werden, weshalb die Thermometer ungeschützt aufgestellt wurden. Die aufkommende Pflanzenwelt unterliegt nicht den Lufttemperaturen des Schattens, sondern muß die großen Extremwerte ertragen. Das Profil wurde im rekultivierten Gelände in den verschiedenen Waldtypen, auf Waldlichtungen und am Waldrand zum offenen Ackerland weiter fortgesetzt. Aus der 1 1/2-jährigen Meßreihe sind in den Tabellen 5—14 (s. Anhang) sowie in den Temperaturkurven 1—4 (s. Anhang) die Werte einiger typischer Wetterlagen des Jahres 1961 angeführt. An Tagen mit geeigneter Wetterlage wurden Profile mit dem Assmann-Psychrometer gelegt, um die rel. Luftfeuchte festzustellen (vgl. Figur 4). Der Verdunstungsanspruch der verschiedenen Landschaftsabschnitte wurde durch Piche-Evaporimeter ermittelt, die in 60 cm Höhe aufgestellt waren (s. Figur 5). Bekanntlich messen diese Evaporimeter nicht die aktuelle Verdunstung, sondern den Verdunstungsanspruch des jeweiligen Ökotopt, wodurch allseits vergleichbare Relativwerte erhalten werden. Die Ungunst der begrünten Hoch- und Tieflagen wurde insbesondere in den Windmessungen deutlich (Hand-Schalen-Anemometer). Eine Testmessung über den Windschutzeffekt örtlicher Gehölzstreifen wurde ebenfalls durchgeführt (siehe Figur 6 und 7). Örtliche Niederschlagsregistrierungen wurden mit den Werten von Brühl und Zülpich verglichen (vgl. Niederschlagskurven, Figur 8).

c) **Meßergebnisse der Extremtemperaturen.** Wie die Temperaturkurven im einzelnen und insgesamt zeigen, wird das Geländeklima zwar von den Großwetterlagen gesteuert, seine für das Pflanzenwachstum und die Bodenentwicklung maßgebenden Eigentümlichkeiten aber werden durch Reliefunterschiede, Bodenbeschaffenheit und Bewuchs in entscheidender Weise mitbestimmt. Dafür stimmt der gleichsinnige Verlauf der in den Temperaturkurven (siehe Anhang) dargestellten Kurvenbilder, die bei verschiedenen Großwetterlagen während des Jahres deutliche, geländeformbedingte Korrelationen der einzelnen Witterungskomponenten erkennen lassen. Es sei betont, daß die Auswertung der Meßdaten der relativen Charakterisierung der jeweiligen Milieunterschiede dienen soll. Die Temperaturwerte sind hinsichtlich ihrer Korrelation zur betreffenden Großwetterlage an Hand der monatlichen Witterungsberichte des Deutschen Wetterdienstes überprüft.

Im Verlauf des Jahres ergaben sich innerhalb der Tieflagen infolge intensiver Ein- und Ausstrahlung besonders hohe Amplitudenwerte. Gegenüber den Tieflagen, die weit ins Frühjahr hinein regelmäßig erhebliche Fröste aufweisen, sind die Hochlagen bevorzugt, doch bringt dort die stärkere Windexposition ökologische Ungunst.

In den forstlich rekultivierten Teilen herrschten bedeutend günstigere Standortverhältnisse. Die Gehölzbestände fingen die von den Höhen abfließende Kaltluft auf, wodurch sie zwar noch rel. niedrige Temperaturen aufwiesen, aber die angrenzenden Felder vor dem Kaltluftstrom schützen. Als äußerst ungünstig erwiesen sich die kleinen Waldlichtungen, in denen im Juli 1961 noch Fröste auftraten (vgl. Temperaturkurve 3). Dabei spielt die absolute Windstille in Ausstrahlungsnächten eine Rolle.

Ein eindrucksvolles und zugleich ungewöhnliches Bild vermittelt die Kurve Nr. 2 vom 26. 6. 1961. Die aus den übrigen Kurven ersichtlichen hohen Maximumwerte im ausgekohlten, zum größten Teil von Kohlenstaub bedeckten Gelände, werden an windstillen Sommertagen von den Werten in Pappelpflanzungen der Hochlagen fast erreicht und zum Teil noch übertroffen (vgl. Meßpunkt 7). Infolge Warmluftstau zwischen den auf stark überhitzten, ausgetrockneten Kiesen wachsenden Pappeln und Erlen treten bei hohem Sonnenstand besonders hohe Temperaturen auf, die 40° C überstiegen. Es kann also geschehen, daß nicht die Geländeform und Exposition, sondern der Pflanzenbestand die mikroklimatischen Extremwerte eines Geländes bestimmt.

Im Gegensatz zu den hohen Extremwerten und weiten Amplituden der exponierten offenen Lagen stehen die ausgeglichenen Temperaturen im Bereich der Gehölzbestände, wie sie auf den Kurven vom 26. 6. und 11. 7. 1961 besonders deutlich werden. Die Amplitude vom 26. 6. am Meßpunkt 3 betrug 32,9° C, am Meßpunkt 9 nur 20,3° C. Verwiesen sei auf die ausgleichende Wirkung des Wassers eines kleinen, flachgründigen Sees im ausgekohlten Gelände (vgl. die Temperaturkurven an den Meßpunkten 3, 4 und 5).

d) Relative Luftfeuchte und Verdunstung. Das Assmann-Profil vom 24. 6. 1961, gemessen in 60 cm Höhe ergänzt die Werte der Extremtemperaturen (s. Figur 4). Die gegenläufige Kurve von Temperatur und relativer Luftfeuchte zeigt z. B. im offenen Gelände des Liegenden bei einer Temperatur von 29° C eine relative Feuchte von nur 25% gegenüber einer Temperatur von 27° C und einer relativen Feuchte von 55% im Wald.

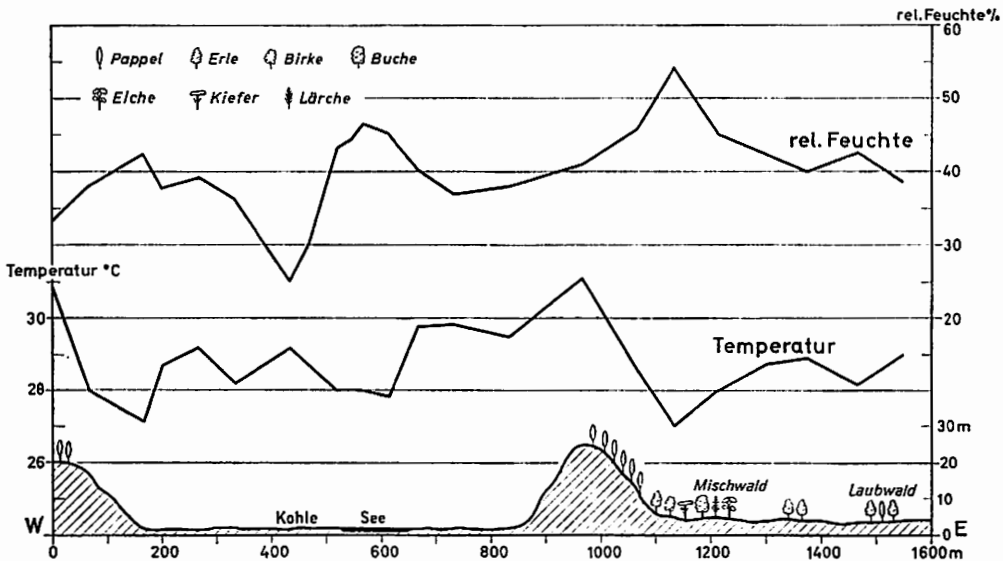


Fig. 4: Temperatur und Luftfeuchte (am 24. 6. 1961, 14 Uhr)

Eine eindeutige Korrelation zu den erhaltenen Temperaturwerten findet sich auch im Verdunstungsanspruch der einzelnen Geländeabschnitte, wie er durch Evaporimetermessungen ermittelt wurde. Die Kurven zeigen insgesamt hohe Verdunstung im Bereich der freien Kohlenfläche und in windexponierten Hochlagen, relativ niedrige Werte am Ufer des Sees und besonders niedrige im feuchten Erlen-Birken-Wald (s. Figur 5).

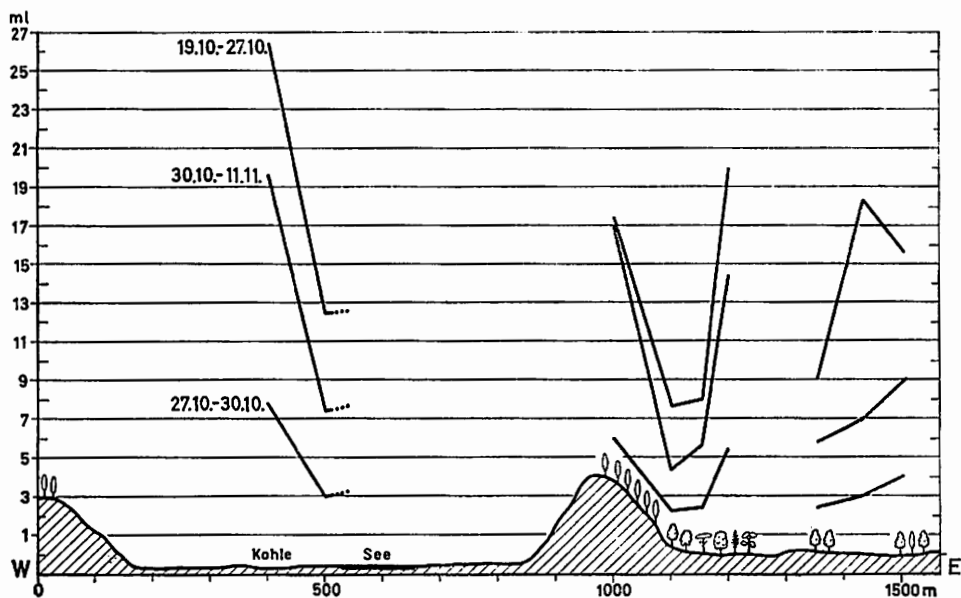


Fig. 5: Evaporimeter-Verdunstung

e) Windverhältnisse. Die Windprofile entsprechen auffallend den gegebenen Geländeformen. Wie die Figur 6 erkennen läßt, wirkt sich besonders ungünstig die nach W exponierte Hochlage aus, wo z. B. 13,5 m/s gegenüber 3,5 m/s im Lee gemessen wurden (s. auch S. 72).

Die Niederschläge sind in einem Gebiet mit ungeordnetem Wasserhaushalt des Bodens von besonderer Bedeutung. Meine Regenmeßstelle im Revier (am Gruhlsee) ergab im Vergleich mit den Niederschlägen in Brühl und Zülpich eine höhere Niederschlagssumme sowohl gegenüber der Rheinebene wie auch der Zülpicher Börde (vgl. im einzelnen Niederschlagskurven, Figur 8). Das schließt natürlich nicht aus, daß auf den relativ trockenen Kiesböden im Dürrejahr 1959 alle Baumarten schon im Juni Dürreschäden aufwiesen. Große Lärchenbestände wurden in diesem Trockenjahr vernichtet. Die gegenüber dem Trockengebiet der Börde erhöhten Niederschläge begünstigen vor allem die landwirtschaftliche Rekultivierung.

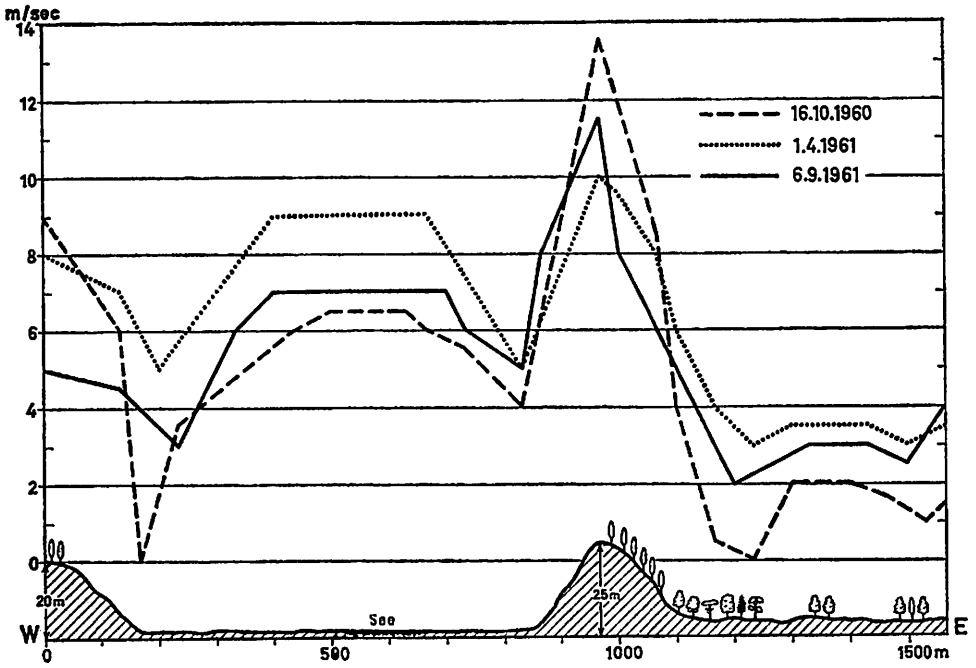


Fig. 6: Windverteilung im Tagebau Vereinigte Ville

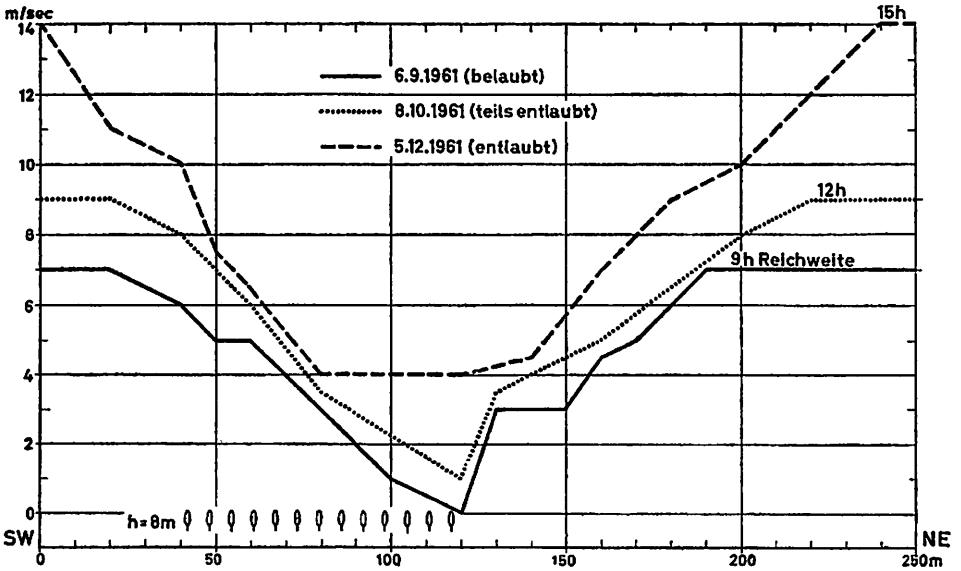


Fig. 7: Windverteilung im Bereich eines Waldstreifens (vgl. S. 72)

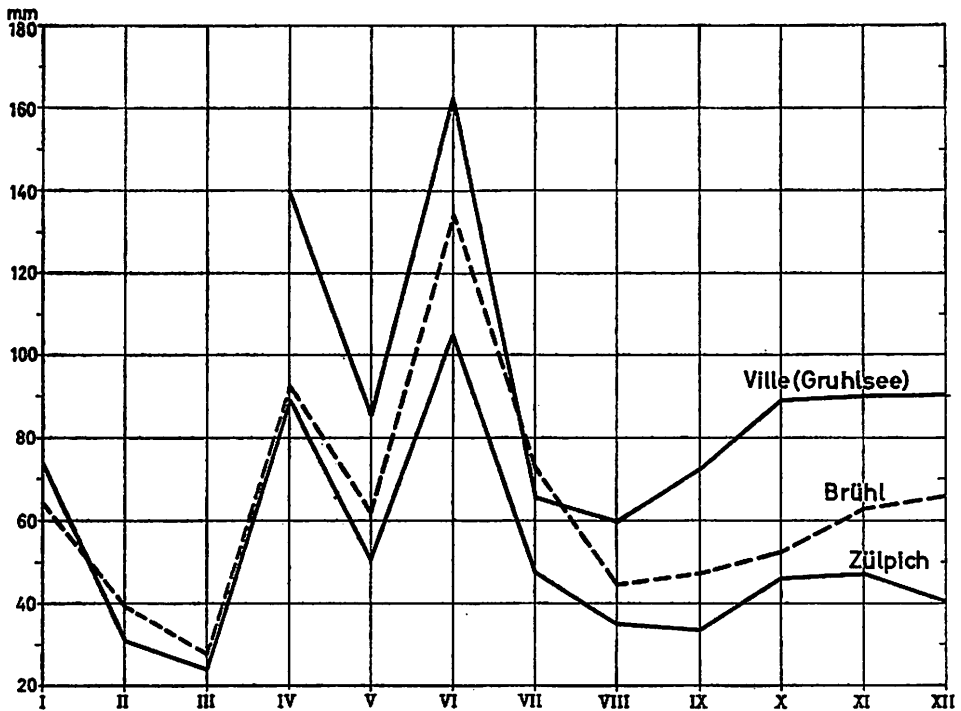


Fig. 8: Niederschlagskurven 1961

7. Ökologische Voraussetzungen für die Erstbesiedlung der unbelebten Geländeformen

Der aufgezeigte abiotische Faktorenkomplex bietet die Grundlage für die Neubesiedlung durch Pflanzen und Tiere. Solange diese nicht die Geländeformen beleben, kann sich kein geregelter Landschaftshaushalt einstellen. Aus den Analysen ergaben sich zum Teil recht schlechte Voraussetzungen für die Erstbesiedlung. Die sauren, trockenen Kohlenstaubböden in den Beckensohlen, mit relativ geringer Basensättigung (30 %), sind als extreme Standorte anzusprechen. Der Anteil an organischer Substanz (bis zu 83%) und an Humussäuren (bis 27%) ist zwar sehr hoch, kann aber die Ungunst des Standortes nicht aufheben, da Bodentrockenheit sowie die extremen Temperaturverhältnisse das Übergewicht haben. Sehr hohe Strahlungstemperaturen (bis 40° C) wechseln mit nächtlichen tiefen Temperaturen in Gefrierpunktnähe. Ungewöhnlich weite Amplitudenwerte (40,5° C) sowie wechselnd trockener und verschleimter Boden stellen harte Ansprüche an die aufkommende Vegetation. Etwas günstiger liegen die mineralischen Mischböden, die verhältnismäßig gute Sorptionseigenschaften aufweisen und durch Kohlenbeimischung zum Teil etwas organische

Substanz und Humussäuren zur Verfügung stellen. Die guten Möglichkeiten der Lößrekultivierung sind in zahlreichen Arbeiten dargestellt (G. HEIDE 1954), sodaß sich hier eine Betrachtung erübrigt.

Besondere Bedeutung für ein gesundes Pflanzenwachstum hat die organische Substanz. Sie ermöglicht das Gedeihen von Bodenorganismen und erhöht die Wasserkapazität des Bodens. Die wechselnde Einlagerung zwischen groben und feinen Partikeln verhindert eine Verdichtung und begünstigt die Bodenventilation. Über die Bedeutung der organischen Substanz für die feinen Stoffumsetzungen im Boden äußert sich SCHEFFER (1960) wie folgt: *„In den Nährstoffhaushalt greift die organische Substanz in mannigfacher Weise ein. Bei der Mineralisation wird der Kohlenstoff der organischen Ausgangsstoffe zu Kohlendioxyd oxydiert, die organisch gebundenen Nährstoffe, besonders Stickstoff, Phosphor und Schwefel werden in leicht pflanzenaufnehmbare anorganische Form übergeführt. Der Einbau dieser Elemente in Mikroorganismensubstanz verringert andererseits ihre Auswaschung oder ihre Festlegung als schwer lösliche anorganische Verbindungen.“* Diese Voraussetzungen sind nur bei Mischböden mit Kohlenstaubbeimischung gegeben. Doch verstärkt die Kohle mit ihrem P_{H-} Wert zwischen 4 und 5 die Bodensäure.

Der Gehalt an Humussäure ist in allen Mischböden gering. Daher können keine guten Wachstumsmöglichkeiten erwartet werden. Neben den Fulvosäuren, die den Nährhumus (Rohhumus) ausmachen, sind vor allem die Huminsäuren für eine gesunde Vegetation unbedingt notwendig. Dieser aus Kohlenhydraten, Eiweißstoffen und mit Stickstoff angereicherten Ligninen bestehender Dauerhumus tritt als Sammler der organisch gebundenen Nährstoffe, und besonders als Kationenaustauscher hervor. Die Sorptionsverhältnisse werden somit durch die Anwesenheit von Huminsäuren erheblich verbessert. Auch die Verbindung des Humus zu sogenannten Ton-Humus-Komplexen hat für die Mobilisierung und Nachlieferung der Nährstoffe größte Bedeutung. Zu dieser chemischen Bodenverbesserung kommt die mannigfache physikalische, wie Erhöhung der Krümelstruktur, Verbesserung des Gefüges und Begünstigung des Wasserhaushaltes.

Die Neubesiedlung der unbelebten Geländeformen wird von den analysierten, zum Teil sehr ungünstigen Faktoren der Bodenverhältnisse, des Gelände- und Mikroklimas sowie des Wasserhaushaltes bestimmt. Von besonderer Wichtigkeit für den neuen Landschaftshaushalt sind die Seen. Sie nehmen einmal als Wasserkörper Einfluß auf das Öoklima und den Wasserhaushalt der umgebenden Landschaft, zum andern gewähren sie einer reichhaltigen Tier- und Pflanzenwelt neue Lebensmöglichkeiten.

Nach der Analyse dieser abiotischen ökologischen Faktoren betrachten wir nun die neu entstehende Landschaft hinsichtlich ihrer biotischen Seite in ihren Sukzessionsstadien.

III. Der Haushalt der neu entstehenden Landschaft und ihrer Sukzessionsstadien

Es ist die Frage, ob aus dem geschilderten Chaos von künstlichen Geländeformen mit extremen Klima-, Boden- und Wasserverhältnissen je wieder eine harmonische Landschaft entstehen kann. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß auch bereits die planlos entstandenen Geländeformen über eine Neubesiedlung durch Tier- und Pflanzenwelt eine natürlich wirkende Landschaft entstehen lassen.

Neue Besiedlungsmöglichkeiten für Tiere und Pflanzen sind in unserer Kulturlandschaft nicht häufig anzutreffen. Deshalb war es eine dankbare Aufgabe, die Sukzessionsstadien der Neubesiedlung zu verfolgen, wodurch ein tiefer Einblick in die Dynamik der verschiedenen Ökotope und ihrer Biozöosen möglich war.

1. Pionierpflanzen verschiedener Standorte

a) Verbreitung und Keimung der Pflanzen. Zunächst zeigte sich, daß die Besiedlung außer durch edaphisch-hydrologische Verhältnisse stark von der Verbreitungsfähigkeit, Keimung und Wuchsform der einzelnen Arten bestimmt wird. Wir können sowohl Zoochorie und Hydrochorie als auch insbesondere anemochore Verbreitung beobachten. Die relativ geringe Zahl der inselhaft keimenden Spezies wies auf die ökologische Ungunst der Standorte hin. Die auftretenden Arten sind ausgesprochene Lichtkeimer, die schon nach wenigen Tagen gekeimt sind, falls sie zusagenden Boden antreffen. Sie sind fast alle an extrem trockene oder extrem feuchte Standorte angepaßt.

Die rasche Besiedlung kann nur durch solche Arten erfolgen, deren Samen weit fliegen können. Es treten in der Mehrzahl Pflanzen auf, — vor allem die gesamten Sumpf- und Wasserpflanzen —, die früher nie auf der Ville heimisch waren, also von weither anfliegen mußten. Es kommt eine Reihe Arten hinzu, die ihre Verbreitung den Tieren verdanken (Zoochorie). Vor allem Wasservögel finden sich sehr bald in den neu entstandenen Lebensräumen ein und bringen eine große Anzahl Samen und Sporen mit.

Zunächst seien die groben Kiesböden betrachtet. Diese bieten schlechte Keimungsbedingungen. Die Vegetationsdecke ist daher sehr lückenhaft und inselartig. Innerhalb der Inseln aber schaffen die Pflanzen gemeinsam zusagende Standortbedingungen. Als erste Pflanzen siedeln sich u. a. *Arenaria serpyllifolia* L. (Quendelsandkraut) und *Bromus sterilis* L. (Taube Trespe) an. Fast ebenso häufig steht in lockerem Verband *Artemisia vulgaris* L. (Gemeiner Beifuß) und in dichten Beständen *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth (Land-Reitgras). Es folgen *Achillea millefolium* L. (Schafgarbe), *Agropyron repens* (L.) P. B. (Quecke),

Daucus carota L. (Wilde Möhre) und sehr vereinzelt *Scrophularia nodosa* L. (Braunwurz).

Dieses erste Beispiel zeigt schon, daß nur anspruchslose Ruderalpflanzen in Frage kommen. Die vereinzelt auftretende *Scrophularia*, die sonst schattige, feuchte Wälder besiedelt, verdankt ihr Wachstum der zufälligen zoochoren Verbreitung. Als weiteres Beispiel der Steilhangbesiedlung seien in der Reihenfolge der Arthäufigkeit genannt:

<i>Artemisia vulgaris</i> L.	(Gemeiner Beifuß)
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	(Acker-Kratzdistel)
<i>Equisetum arvense</i> L.	(Acker-Schachtelhalm)
<i>Hypericum perforatum</i> L.	(Tüpfel-Harthheu)
<i>Melandrium album</i> (Mill.) Garcke	(Weiße Lichtnelke)
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	(Ackerwinde)
<i>Lupinus polyphyllus</i> Lindl.	(Lupine)
<i>Sarothamnus scoparius</i> L.	(Besenginster)
<i>Rubus spec.</i>	(Brombeere)

Von den genannten Arten sind *Lupinus* und *Sarothamnus* eingesät. Die Artenhäufigkeit der spontan anfliegenden Spezies wechselt stark, und stellenweise kommen neue Arten hinzu, die flächenweise die Oberhand gewinnen können, wie im Falle von *Epilobium angustifolium* L. (Weidenröschen), *Calamagrostis epigeios* und *Melandrium album*. Diese Pflanzen beweisen in ihrer Besiedlungsweise deutlich, daß nach erstmaligem Anflug einer Pflanze rasch ein immer größerer Raum erobert wird. Dadurch entstehen die erwähnten Vegetationsinseln, die oft durch große, freie Flächen voneinander getrennt sind. Wo sie aber aneinanderstoßen, verzahnen sich die meisten Arten nicht.

Die Brombeere (*Rubus spec.*) ist auch in dieser Umwelt eine besonders wertvolle Pionierpflanze. Sie befestigt und beschattet den Boden, fängt in ihren Ranken, die große Flächen bedecken, die Laubstreu auf, und das im Winter an den Zweigen verbleibende Laub dient dem Wild zur Äsung. Das aufgefangene Falllaub wird durch Beschattung rasch zu mildem Humus zersetzt. So bieten die Brombeerhecken, in deren Schutz zahlreiche Pflanzen keimen, biologisch hochwertige Inseln.

Wo kleine Quellen am Steilhang austreten sammelt sich eine hygrophile Flora an. Die Pflanzen kommen demnach nur an edaphisch-hydrologisch ihnen zusagenden Standorten zur Entwicklung. Es war also auf den rohen Kiesböden festzustellen, welche Arten insgesamt anfliegen oder von Tieren verbreitet werden, wo sie keimen und wie sie sich behaupten können. Solch feuchte Standorte, meist tonig-sandiger Kiesboden, weisen u. a. folgende Arten auf:

<i>Epilobium angustifolium</i> L.	(Weidenröschen)
<i>Arenaria serpyllifolia</i> L.	(Quendel-Sandkraut)
<i>Erigeron canadensis</i> L.	(Canadisches Berufskraut)
<i>Oenothera biennis</i> L.	(Nachtkerze)
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	(Land-Reitgras)

<i>Polygonum aviculare</i> L.	(Vogelknöterich)
<i>Polygonum persicaria</i> L.	(Flohknöterich)
<i>Echium vulgare</i> L.	(Natternkopf)

An sehr feuchten Stellen treten auf: *Epilobium parviflorum* Schreb. (Kleinblütiges Weidenröschen), *Juncus conglomeratus* L. (Geknäuelte Binse) und *Juncus effusus* L. (Flatterbinse).

Schon die bisher aufgeführten Arten weisen darauf hin, daß diese Pionierstandorte pflanzensoziologisches Kampfgebiet sind. Pflanzen verschiedenster Gesellschaften keimen zugleich, und teils an ihnen ungewohnten Standorten. Die Hauptvertreter sind jedoch Ruderal- und Sumpfpflanzen. Es sind fernerhin zahlreiche gesellschaftsvage Arten, die keine streng begrenzten edaphischen Ansprüche stellen. So gedeiht auf relativ feuchtem Boden *Echium vulgare*, eine Pflanze trockner Standorte.

Die erste Bestandsaufnahme zeigt bereits, daß nicht, wie zu erwarten war, in kurzer Zeit Pflanzensukzessionen sich entwickeln, sondern von vorneherein alle Pflanzen als Pioniere und Erstbesiedler zugleich auftreten und sich behaupten. Bereits bei der Schilderung des ersten Stadiums der Besiedlung sei vorweggenommen: Das Ergebnis der vegetationskundlichen Untersuchung brachte die Tatsache, daß die edaphisch-hydrologischen Verhältnisse die Auswahl aus der Vielzahl der anfliegenden oder verschleppten Arten treffen. Die einmal zur Entwicklung gekommenen Pflanzen behaupten ihr Areal sehr lange Zeit und werden zunächst nicht von neuen Arten verdrängt.

Bei der Besiedlung der Seen vollzieht sich allerdings die Entwicklung der Pflanzengürtel in gesetzmäßiger, rascher Folge.

Das ökologische Verhalten der auftretenden Arten der Kippenstandorte verdient besondere Beachtung. Es sei *Epilobium angustifolium* erwähnt, die bekannte Waldschlagpflanze, die hier auf offenen, anlehmigen Kiesflächen gut gedeiht. Als Lichtkeimer wächst sie schnell heran und ist mit ihrem starken Wurzelwerk ein guter Bodenbefestiger, was bei der Steilheit der Hänge von Nutzen ist. *Calamagrostis epigeios*, das an den bisher genannten Stellen nur vereinzelt inselartig auftrat, da es zunächst offenbar wegen der horizontalen Wurzelbildung die steilen Hänge meidet, überwuchert in kürzester Zeit alle ebenen Flächen. Äußerst anspruchslos an Boden und Wasser, läßt es infolge seiner raschen vegetativen Ausbreitung keine anderen Pflanzen aufkommen, so daß vielerorts das ausgekohlte Gelände einer Grassteppe gleicht (s. Abb. 14).

Erstbesiedlung auf tertiärem Ton. Wo tertiäre Tone die neue Oberfläche bilden, findet sich eine besonders interessante Flora ein. Schwarzer, kohlereicher, feuchter Ton bietet durch seine dichte Lagerung und schnellen Wechsel von Nässe und Austrocknung sowie große Schwankungen der Bodentemperatur schlechte Lebensbedingungen. Abb. 15 läßt die lockere und fast ausschließliche Besiedlung mit *Equisetum maximum* Lam. (Riesenschachtelhalm) erkennen. Dieser Schachtelhalm, der in den alten Wäldern an kleinen Bächen vereinzelt

zu finden war, ist eine der floristischen Besonderheiten, die sich in die neue Landschaft hinübergerettet haben. Obwohl *Equisetum maximum* feuchte Waldsümpfe mit starker Verschlammung des humosen Bodens bevorzugt, vermag er doch auf diesen schlechten Böden aufzukommen. Auf dem schnell austrocknenden Standort kümmernd er jedoch und wird kaum höher als 20 cm, während er optimal eine Höhe von 1,5 m erreichen kann. Zugleich mit *Equisetum maximum* kommen nur zwei weitere Arten vor, *Agropyron repens* und *Polygala vulgaris* L. (Wiesen-Kreuzblume).

Wo der dichte Ton etwas lockerer gelagert und im Unterboden eine stärkere Wasserführung vorhanden ist, kommen noch eine Reihe anderer Pionierpflanzen hinzu. An erster Stelle steht *Equisetum palustre* L. (Sumpfschachtelhalm) der den Boden völlig bedeckt. In weniger dichtem Bestand ist er mit folgenden Arten vergesellschaftet: *Tussilago farfara* L., *Carex leporina* L., *Juncus effusus* L., *Juncus glaucus* Erb., *Epipactis palustris* (Mill) Cr. Die beiden letztgenannten Arten beweisen, daß auch recht seltene Arten durch Anflug oder Tierverbreitung ins Revier gelangen können.

Potentilla reptans L. (Kriechendes Fingerkraut) und *Potentilla anserina* L. (Gänse-Fingerkraut) kündigen die sommerliche Austrocknung des Bodens an, während *Molinia coerulea* Moench (Pfeifengras) vereinzelt tiefgründigen, staunassen Boden anzeigt. Wo angepflanzte Bäume die Austrocknung des Bodens durch Beschattung verhindern, kommt bei günstiger Wasserführung der oberen Bodenschichten *Scirpus silvaticus* L. (Wald-Simse) und neben verschiedenen Laubmoosen das Lebermoos *Marchantia polymorpha* vor.

Leider gehen die genannten Arten auf feuchtem Ton allmählich zurück, da das Gelände inzwischen aufgeforstet wurde, wodurch ein Erlen-Birken-Wald von geringem Nutzen entsteht und die Bodenvegetation verarmt. Ähnlich ergeht es den Pionierpflanzen auf Kies. Nachdem sie mit den später angepflanzten Bäumen den Boden aufschließen und verbessern halfen, gehen sie bei fortschreitender Beschattung zurück. Unter dem mikroklimatisch und edaphisch ausgleichend wirkenden Laubholzschirm bereichert sich jedoch in den ersten Jahren ihr Artenbestand (s. dazu Kap. III, 5, d).

Pflanzenbesiedlung des Kohlenstaubes. Die extremsten Lebensbedingungen herrschen, wie die Mikroklimamessungen und Bodenanalysen ergaben, auf den dunklen Kohlenstaubböden, die große Flächen des ausgekohlten Reviers einnehmen. Da die Verkipfung des ausgekohlten Geländes einige Zeit beansprucht und das Schottermaterial des Deckgebirges nicht ausreicht, um alle Restlöcher auszufüllen, bleibt längere Zeit minderwertiger Kohlenstaub an der Oberfläche erhalten. Dort, auf reinem Kohlenstaub, konnte man keine spontane Neubesiedlung erwarten, denn die dort herrschende große Trockenheit bei gleichzeitig weiten Temperaturamplituden stellt harte Ansprüche an die Pflanzen. So keimen naturgemäß die meisten Pflanzensamen nicht. Aber im ersten Frühjahr sind die Kohlenstaubböden fast lückenlos von den gelben Blüten des Huflattich (*Tussilago farfara*) bedeckt. Als einzige weitere Art, die auf trockenem Kohlenstaub aufzukommen vermag, ist *Calamagrostis epigeios* zu nennen.

b) Wuchsformen und Wurzelsysteme. Die Lebensmöglichkeit auf solch extremen Böden ist nur durch ein besonders gut entwickeltes Wurzelwerk und typische Wuchsformen möglich. *Tussilago farfara* dringt mit seinen starken Pfahlwurzeln in größere Tiefen vor und erreicht so die wasserführenden Schichten der Kohle, die tertiärem Ton aufliegt. Im Frühsommer verhindert das große, dichte Laub die Austrocknung der Wurzelstöcke und schafft durch hohe Verdunstung unter dem Blattschirm bodennah einen luftfeuchten Raum.

Weite Kohlenstaubflächen weisen in den ersten Jahren nur kleine Vegetationsinseln von *Calamagrostis epigeios* auf. Dieser inselhafte Bewuchs ließ sich nicht sofort erklären, denn die Grassamen fliegen naturgemäß überall an. Bohrungen innerhalb der Grasbestände brachten die Erklärung. Die Gräser keimen überall dort, wo in 10—50 cm Tiefe Ton ansteht. Über dieser wasserstauenden Schicht ist der Kohlenstaub feucht genug, um das Wachstum zu ermöglichen. Die vegetationsfreien Standorte weisen in 1 m Tiefe noch keinen Ton auf, sind daher extrem trocken (vgl. Figur 9). Im Laufe der Jahre dehnen sich die Grasinseln auch auf den trockenen Böden aus, da die Wurzelsprosse von der Hauptpflanze her versorgt werden. So ist heute bereits ein großer Teil der Kohlenfläche von Vegetation bedeckt.

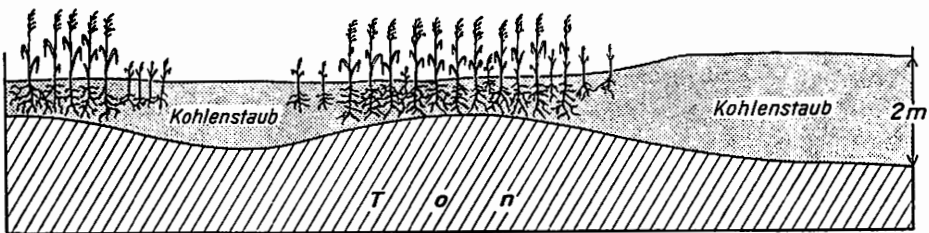


Fig. 9: Pioniervegetation (*Calamagrostis*) auf Kohlenstaub

Im Gegensatz zu diesen Pflanzen mit tiefreichenden Wurzeln stehen im ufernahen, feuchten Bodenbereich kleiner Seen die Flachwurzler. Diese Pflanzen zeigen eine eigenartige Übereinstimmung ihrer ober- und unterirdischen Organe. Als Beispiel seien *Poa annua* L. (Einjähriges Rispengras), *Ranunculus repens* L. (Kriechender Hahnenfuß) — s. Abb. 17 — und *Ranunculus sceleratus* L. genannt. Sie haben rosettenartige Wuchsformen, mit an den Boden gepreßten Blättern und teils Ausläuferbildung (vgl. Abb. 17). Ebenso strahlen ihre Wurzeln vom Zentrum radial aus, indem sie nur die oberste Bodenschicht einnehmen, in der bei ständiger Verdunstung durch kapillaren Wasseraufstieg die Bodenfeuchte besonders hoch ist.

Entsprechend den Wurzelsystemen zeigen die Wuchsformen vieler Pionierpflanzen ein ganz charakteristisches Gepräge. So bildet *Carex leporina* L. dichte, einzelstehende Horste, die sich dadurch vermehren, daß ihre Ähren knicken und die Samen auf feuchtem Kohlenboden unmittelbar auskeimen. So ist im folgenden Jahr der Horst von einem Kranz junger Pflanzen umgeben (vgl. Abb. 18).

Neben diesen Horstpflanzen treten solche mit Ausläufern hervor, z. B. *Potentilla anserina*, das wie *Fragaria vesca* L. (Walderdbeere) — den Boden mit einem Ausläufergeflecht bedeckt, aus dem neue Pflanzen hervorsprossen. Pflanzen, die sonst nur in geschlossenem Verband angetroffen werden, können hier in ihren typischen Einzel-Wuchsformen beobachtet werden. Alle auftretenden Formen sind anspruchslose Pflanzen, die sich den extremen Lebensbedingungen angepaßt haben, oder von Natur aus darauf eingerichtet sind. Sie befestigen den durch Wind- und Wassertransport gefährdeten Boden. Sie leiten in kürzester Zeit eine gute Bodenbildung sowie einen gesunden Wasserhaushalt ein, indem sie auf die beschriebene Weise große Areale geschlossen bedecken. Am Beispiel dieser Neulandbesiedlung läßt sich die mechanische, chemische und biologische Wirkung der Vegetation auf die verschiedenen Ökotope studieren.

c) Sukzessionen bis zum natürlichen Wald. Die neue Landschaft durchläuft je nach den edaphischen Verhältnissen verschiedene Sukzessionsstadien, über die Kies- und Kohlestaubböden mit ersten Horst- und Ausläuferpflanzen, die „Reitgras-Steppe“, die hygrischen Ökotope mit Sumpf- und Moorvegetation, bis zum natürlich anfliegenden Wald. Es wurden bereits ausführlich die edaphischen, hydrologischen und mikroklimatischen Verhältnisse der einzelnen Ökotope geschildert. Insgesamt ist zu scheiden in relativ trockene Standorte der Kohlen-Tieflagen, der Kiesflächen und Hänge sowie der hygrischen Ökotope. Die neuen Landschaftsstadien entwickeln sich ohne menschlichen Einfluß folgendermaßen: Die ersten Pionierpflanzen, die sofort in relativ großer Zahl gemeinsam auftreten, vergrößern als Horst- und Ausläuferpflanzen rasch ihr Areal, wodurch nach einigen Jahren, abgesehen vom absolut trockenen Kohlenstaub, das gesamte Neuland besiedelt ist. Es muß aber nochmals betont werden, daß die Pionierpflanzen nicht nacheinander aufkommen, sondern sich von Beginn an gleichzeitig entwickeln.

Neben der nach einigen Jahren geschlossenen Vegetationsdecke der zahlreichen Pionierpflanzen (Ruderal- und Triftpflanzen) tritt vor allem auf extrem trockenen Kies- und Kohlenböden die „Reitgras-Steppe“ auf, wie sie auf Seite 47 geschildert wurde. Diese „Steppe“ kann als Primärstadium bezeichnet werden, neben dem noch ein Sukzessionsstadium auftritt. Dieses Stadium entwickelt sich dann, wenn das Reitgras innerhalb der übrigen Pionierpflanzen aufkam. Infolge der besonders hohen Wurzelintensität von *Calamagrostis* kann dieses Gras allmählich die gesamte zunächst gekeimte Vegetation unterdrücken, sodaß nach wenigen Jahren auch dort eine *Calamagrostis*-Steppe entstanden ist.

Die genannten Landschaftsstadien werden nach mehreren Jahren von einem lockeren natürlichen Wald abgelöst. Überall fliegen Birke, Espe und Weide an, die sehr schnell heranwachsen. Auch Robinien werden von höheren Kippenstandorten her angeschwemmt. Diese natürlichen Hölzer lassen allmählich das Reitgras infolge Beschattung des Bodens zurückgehen, sodaß sich wieder ein Teil der früheren Triftpflanzen, sowie neue Waldpflanzen einfinden (vgl. dazu Kapitel III, 6, d).

Die hygrischen Ökotope verdienen in ihrer verschiedenartigen Ausprägung

eine gesonderte, ausführliche Untersuchung. Sie stellen ein besonderes Sukzessionsstadium in der neuen Landschaft dar, da sie infolge ihrer ausgeglichenen klimatischen, hydrologischen und edaphischen Umwelt einer reichhaltigen Tier- und Pflanzenwelt Lebensraum bieten.

Auch die Umgebung der Seen wandelt sich allmählich zu einem natürlichen Wald. Die Ufer sind nach wenigen Jahren von einem dichten Buschwerk verschiedener Weidenarten (*Salix cinerea*, *S. aurita*, *S. purpurea* und *S. alba*) umgeben. Das Weiden-Birken-Erlen-Gebüsch der Flachmoore als Vorläufer des Erlenbruches oder -moores gehört ebenfalls zu den neuen Sukzessionsstadien.

2. Die Biozöosen der Seen

Wie sehr die Umwelt eines bestimmten Ökotores die entsprechende Biozönose bestimmt, läßt sich besonders deutlich am Beispiel der Seen veranschaulichen. Jeder See besitzt eine andersartig gestaltete Umwelt, wie es in der offenen Landschaft am Kiebitzsee zunächst geschildert werden soll. Der kleine See bietet mit seiner morphologisch-biotischen Umwelt ein Musterbeispiel für landschaftsökologische Untersuchungen (s. Abb. 19 und Karte 3).

a) Flora und Fauna der verschiedenen Seen und ihrer Uferbereiche

Die Pflanzenwelt am Kiebitzsee. In einer flachen Vertiefung eines sonst ebenen Geländes, das nur von Entwässerungsgräben und aufgeschütteten Kohlendämmen durchzogen ist, hat sich der kleine Kiebitzsee gebildet. Die Weite der offenen Landschaft war einer Besiedlung sehr günstig. Die flache Senke ermöglichte eine Durchfeuchtung auch entfernter Uferpartien. Hier findet sich eine große Anzahl hygrophiler Pflanzen ein. Die organische Substanz der Kohle bietet bei genügender Feuchte mit ihrem feingrümeligen Nährboden relativ gute Wachstumsbedingungen. Der Pflanzenbestand, der in Ufernähe durch schwankende Wasserstände und dadurch bedingte Samenanschwemmung eine Zonierung besitzt, weist vom trockenen erhöhten Rande her zum Ufer hin folgende Zusammensetzung auf. Im noch trockenen, seefernen Bereich bilden *Tussilago farfara* und *Calamagrostis epigeios* lichte, inselartige Bestände. Zu ihnen gesellt sich, wenn in größerer Tiefe genügend Feuchte vorhanden ist, *Epilobium angustifolium*. Am Saum des höchsten Wasserstandes, parallel den Höhenlinien des Ufers, steht ein dichter Gürtel von *Oenothera biennis*. Bei zunehmender Feuchtigkeit folgen einige Carexarten. *Carex leporina* bildet die erwähnten Horste. *Juncus articulatus* L. überzieht den Boden mit einem lockeren Netz von Ausläufern (s. Abb. 20).

Ebenfalls auf feuchten Böden in Ufernähe findet man *Juncus bulbosus* L. (Rasen-Binse), *Epilobium hirsutum* L. (Zottiges Weidenröschen) und *Epilobium palustre* L., das mit seinen roten Ausläufern und teils leuchtend roten, anthocyanhaltigen Blättern in schönem Farbkontrast zum braunschwarzen Boden steht. An Gräsern treten *Poa trivialis* L. (Gemeines Rispengras) und *Holcus*

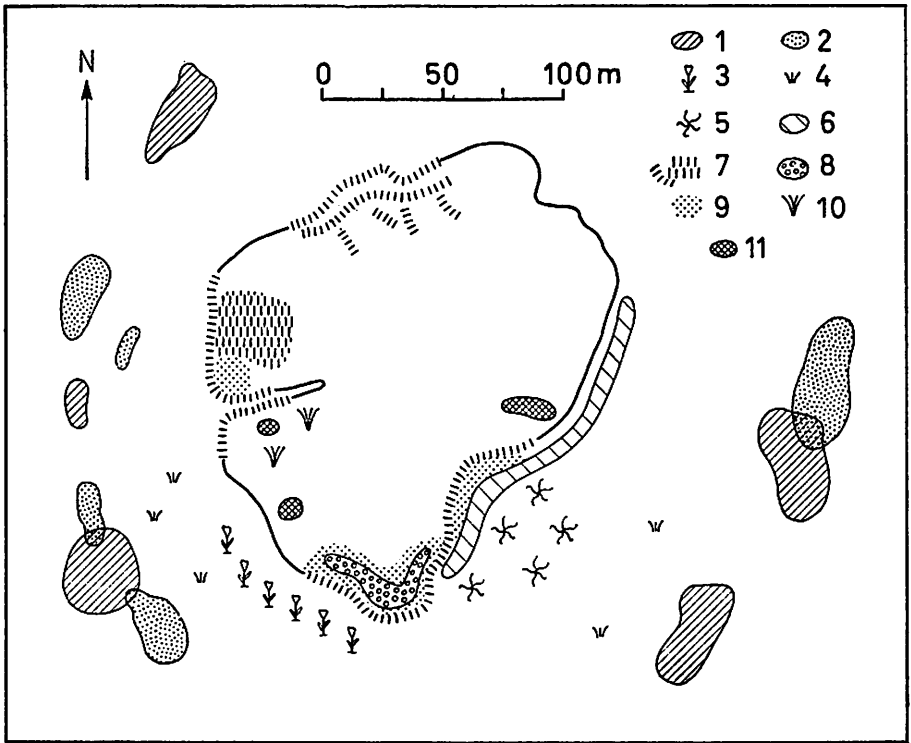


Fig. 10: Vegetationszonierung am Kiebitzsee

1 *Calamagrostis epigeios*, 2 *Tussilago farfara*, 3 *Oenothera biennis*, 4 *Carex leporina*, 5 *Juncus articulatus*, einzeln, 6 dito, Rasen, 7 *Typha latifolia*, 8 *Alisma plantago aquatica*, 9 *Heleocharis paluster*, 10 *Juncus effusus*, 11 *Scirpus lacuster*

mollis L. (Honiggras) auf. *Carex pseudocyperus* L. (Zyperngras-Segge) wurde in einigen Exemplaren auf der Ville nur dort gefunden.

Das Vorkommen solch seltener Arten verlangt die Frage nach deren Herkunft. Früher kannte die Ville keine Pflanzenarten der Seen und Moore. Selbst für weit fliegenden Samen von Schilf und Rohrkolben (*Phragmites communis Trin.* und *Typha latifolia* L.) dürfte der Weg aus den Nachbarlandschaften der Ville etwas weit gewesen sein. Die einzige Erklärung für deren rasches Erscheinen wäre der Transport durch Wasservögel (Ornithochorie). Diese bringen von anderen Gewässern die Samen zahlreicher Pflanzen mit, indem sie die gefressenen Samen unverdaut wieder ausscheiden oder in ihrem Gefieder transportieren.

Näher zum Ufer hin ist eine weitere Zonierung der Pflanzen erkennbar, die durch Wasserstandsschwankungen bedingt ist. Der äußerste Kranz dieser Zone wird von einem dort sehr dichten, rasenartigen Bestand von *Juncus articulatus*

gebildet. Es folgt ein Streifen — immer den Buchten des Ufers parallel — von *Typha latifolia*. Schon im Wasser bildet eine Kolonie von *Alisma plantago aquatica* L. mit unzähligen Jungpflanzen sowie *Heleocharis paluster* L. (Sumpfried) einen dichten Bewuchs. Im tieferen Wasser ragen die Horste der Flatterbinse (*Juncus effusus*) und die hohen Halme der Teich-Binse (*Scirpus lacuster* L.) auf.

Während des Dürresommers 1959 war ein großer Teil des flachen Sees ausgetrocknet. Die Rest-Wasserflächen glichen teilweise einer feuchten Wiese, die völlig von jungen Typha-Pflanzen begrünt war. Schon dieser junge Ökotoptop deutet im wesentlichen die Entwicklung des Uferpflanzengürtels an, dessen endgültige Ausbildung an einem anderen See noch zu schildern sein wird.

Die Tierwelt am Kiebitzsee. Außer den Pflanzen, die immer wieder durch seltene Arten und rasche Besiedlung überraschen, müssen bei einer Bestandsaufnahme von Biozönosen auch die Tiere berücksichtigt werden. Mit Recht sagt TROLL (1950): „Die Hauptschwierigkeit liegt darin, daß es kaum einem Einzelnen vergönnt sein kann, die Lebensverhältnisse und den Naturhaushalt aller in einer Biozönose vereinigten Tiere zu überblicken.“ Das Phyto- und Zooplankton der Seen konnte nicht untersucht werden, da dies den Rahmen dieser Arbeit gesprengt hätte. Die ungewöhnlichen ökologischen Bedingungen dieser sauren und harten Gewässer und ihre Auswirkungen auf das Plankton müssen speziellen Untersuchungen vorbehalten bleiben. Einige Tiere, die der Untersuchung leichter zugänglich sind, sollen dagegen erwähnt werden. Es fallen besonders die Insekten auf. Im Wasser leben Wasserskorpion (*Nepa cinerea*) und Rückenschwimmer (*Notonecta glauca*), ebenfalls Larven der Köcherfliegen (*Trichoptera*), die sich vor der Verpuppung ein Gehäuse aus kleinen Blatt- und Stengelstücken bauen. Auf dem Wasser leben Wasserläufer (*Gerris najas*) und Taumelkäfer (*Gyrinus natater*). Viele Libellenarten sind zahlreich vertreten, so die Große Teufelsnadel (*Aeschna grandis*), die Plattbauch-Libelle (*Libellula depressa*) und vor allem die kleinen Schlankjungfern (*Lestes viridis* und *Agrion puella*).

Schon die Abzugsgräben im Kohलगelände beherbergen Fische. Diese sind nicht von Menschen ausgesetzt, sondern sind vermutlich, ebenso wie zahlreiche Pflanzen, von Wasservögeln eingeschleppt worden. Der Laich von Stichlingen (*Gasterosteus aculeatus*) wurde wohl von Enten im Gefieder mitgebracht. Ebenso sind Hechte in die meisten Seen eingeschleppt worden. Frösche und Kröten müssen die Seen und Moore auf die gleiche Art erobert haben. Zahlreich ist der Wasserfrosch (*Rana esculenta*) und die Wechselkröte (*Bufo viridis*) mit nördlichem und östlichem Verbreitungsgebiet und nur einzelnen Vorkommen im Rheinland.

Die Seen sind ein idealer Lebensraum für zahlreiche Wasservögel, die, von weither kommend, sich hier ansiedeln. Seit über 10 Jahren beteilige ich mich im Auftrage der Vogelwarte Helgoland an der Entenzählung im Südevier der Ville. Im Rahmen der internationalen Entenvogelforschung sollen durch diese Zählungen, vor allem im Winterhalbjahr, die Wanderungen und die Verbrei-

tung der Wildenten in Europa erfaßt werden. Die Ville ist für Enten aus Nordeuropa ein bevorzugtes Winterquartier geworden. Fernerhin ist das Revier ein beliebtes Rastgebiet an den Zugstraßen der Vögel geworden. Sowohl nordische wie südliche Vögel sind in der Zugzeit an den Seen anzutreffen. Im Herbst 1959 beobachtete ich einen Zug Kraniche, der im Sumpfgelände übernachtete. Dabei konnte ich bemerkenswerte Beobachtungen über das Verhalten der Vögel machen, worauf näher einzugehen hier zu weit führen würde.

Die Stockenten (*Anas platyrhynchos*) sammeln sich in großer Zahl (vgl. Tabelle 19a und 19b im Anhang) zur Überwinterung auf den größten Seen, die selten zufrieren, sodaß dauernd Nahrung zu finden ist. Mit den vielen Tausend Stockenten kommen zahlreiche Krickenten (*Anas crecca*) und Pfeifenten (*Anas penelope*). Ferner als seltene Wintergäste, Spießenten (*Anas acuta*) und Reiherenten (*Nyroca fuligula*). Sogar den Nordseetaucher (Sterntaucher) (*Gavia stellata*) beobachtete ich im Dezember 1961 (weitere Wasservögel s. Tab. 19a).

Zur Biozönose des geschilderten Kiebitzsees gehören zwei Vogelarten, die im Gebiet der Ville besonders überraschen. Das ist zunächst der Kiebitz. Er wählte einen ungewohnten Nistplatz. Die Nestmulde verschwand völlig im Kiesgeröll (s. Abb. 21). In ihrer olivbraunen, schwarzgetupften Farbe sind die Eier dem Kiesgeröll gleich und kaum zu erkennen. Der Nistplatz auf Kiesboden ist sehr ungewöhnlich, da in normalen Brutgebieten ihre Nester im Gras oder in junger Saat versteckt sind. Hier aber bot die gleiche Farbe von Kieseln und Eiern einen guten Schutz, eine erstaunliche Umstellung der Vögel auf die gegebenen Verhältnisse des Ökotores. Man könnte fast auf eine Nachahmung der Flußregenpfeifer (*Charadrius dubius*) schließen, dessen Eier und Jungtiere, nur wenige Meter vom Kiebitznest entfernen, zu finden, und noch schwieriger zu entdecken waren.

Im Winter finden sich regelmäßig Fischreiher (*Ardea cinerea*) am See ein. Zur Brutzeit ziehen sie sich in ihre Kolonie im Kerpener Bruch zurück. Im Sommer jedoch kehren sie mit ihren Jungen wieder zu den Braunkohlenseen zurück. Dort finden sie ein ideales Jagdgebiet, während die Erft, durch Fabrikabwässer und teils ungeklärte Siedlungswässer verschmutzt, sehr fischarm geworden ist. In letzter Zeit nehmen jedoch die Fischbestände in der Erft wieder zu, da im Zuge der Grundwassersenkung im Erftgebiet große Mengen frisches Pumpwasser dem Fluß zugeführt werden.

Nach der Darstellung dieser vielseitigen Biozönose des Kiebitzsees bleiben noch einige Seen zu behandeln, die vom genannten Seetyp durch Lage, Vegetation und Tierwelt abweichen.

Die Biozönose des Sturmmöven-Sees

Dieser ebenfalls noch junge See, in einer dem Kiebitzsee ähnlichen Umwelt, hat eine faunistische Besonderheit aufzuweisen. Im See dienen Kohlendämme und Inseln der Sturmmöve (*Larus canus*) als Brutplatz. Die Sturmmöve, eine Seemöve der Ost- und Nordsee, die auch gelegentlich auf küstennahe Seen übersiedelt und am Xantener Altrhein brütet, hat auf der Ville den südlich-

sten bekanntgewordenen Lebensraum gefunden, von zwei Brutpaaren in Süddeutschland (Federsee und Chiemsee) abgesehen. Eine merkwürdige Parallele befindet sich im mitteldeutschen Braunkohlenrevier, wo ebenfalls auf Kohleninseln im See die Sturmmöve brütet.

Im Jahre 1961 zählte ich über 50 Sturmmöven auf den Inseln des Sees (zwischen Brühl und Liblar), 14 Jungvögel wurden beringt. 1962 brüteten ca. 30 Paare und ich fand 18 Jungvögel auf den Kohleninseln. Von den zahlreichen Beobachtungen über die Verhaltensweisen der Sturmmöven sei nur erwähnt, daß sie keine anderen Wasservögel in ihrem Revier dulden. Häufig beobachtete ich, daß Fischreiher mit lautem Geschrei verfolgt wurden, so daß sie einige 100 m hoch aufsteigen mußten, um sich der Verfolgung zu entziehen.

Die dichte Besiedlung des Sees mit zahlreichen Sumpf- und Wasserpflanzen weist auf das seichte Wasser hin, das in den Uferbereichen nur wenige cm tief ist. Das warme Wasser bietet der Vegetation optimale Bedingungen. Vergleicht man die Physiognomik der einzelnen Arten, so ist festzustellen, daß trotz eines gleichartigen Ökotoptypus Habitus und Verbreitungsart von denen der Pflanzen im Kiebitzsee verschieden sind. Am meisten fallen die „Kugelpolster“ von *Juncus articulatus* L. (Gegliederte Binse) auf, die schon in zwei verschiedenen Wuchsformen erwähnt wurde. Abb. 20 zeigte das Netz von Ausläufern junger Pflanzen auf feuchtem Kohlenboden; an anderer Stelle fanden sich dichte rasenartige Bestände. Hier nun sind die älteren Pflanzen im Wasser polsterartig ausgebildet. *Juncus effusus* wächst in den bekannten hohen Horsten, und *Typha latifolia* durchzieht in langen Reihen, meist durch Ausläuferbildung, den See. Neben dieser vegetativen Ausbreitung ist die oben erwähnte geschlechtliche allgemein verbreitet, die einen dichten, grasartigen Bestand junger Typha-Pflanzen erzeugt.

Am Ufer des flachen Sees setzen sich die Horste von *Juncus effusus*, in langen Reihen angeordnet, fort, was durch Anhäufung des Samens in kleinen Erosionsrinnen zu erklären ist. Auch bei anderen Arten ist diese Anordnung radial zum See zu beobachten, im See selbst wohl durch Wasserströmungen und entsprechende Samenablagerung entstanden. Die Uferflora besteht ferner aus *Tussilago farfara*, der ein großes Areal feuchten Kohlenstaubes geschlossen einnimmt. Hinzu kommt die sehr seltene *Scirpus setaceus* L. (Borsten-Simse) sowie der Gifthahnenfuß (*Ranunculus sceleratus* L.), beides Arten, die wiederum die Verbreitung durch Wasservögel erfordern. Es überrascht der krasse Wechsel der Vegetation auf kleinstem Raum. Neben Wasserpflanzen stehen am Uferhang auf trockenem Kohlenstaub, der wie alle dunklen Böden durch hohe Wärmeabsorption ausgezeichnet ist, ausgesprochene Trockenpflanzen wie *Isatis tinctoria* L. (Färberwaid) und *Bromus erectus* Huds. (Aufrechte Trespe). Besonders erstaunlich ist der Färberwaid, der von den Steinhängen des Mittelrhein- und Moseltales bekannt ist. Klima und Boden bieten ihm hier ebenso günstige Bedingungen wie in den warmen südlichen Tälern.

Es würde zu weit führen, sämtliche Seen in ihrer floristisch-faunistischen Besiedlung anzuführen. Kurz berichtet sei noch über den Seerosen-See, in dem neben angepflanzten Seerosen der kleine Igelkolben (*Sparganium minimum*), eine sehr seltene Pflanze norddeutscher Heide-Moore und -Seen, zahlreich blüht. *Triglochin palustre*, ebenfalls eine seltene Pflanze der Flachmoor- und

Torfböden, wächst am Villehof-Maar. Solche Pflanzen weisen erneut auf die Verbreitung durch Wasservögel des Nordens hin.

Ein Wassergraben sei noch erwähnt, der in den Zwillingssee mündet. Im leicht fließenden Wasser wächst *Ranunculus aquatica* L. (Wasserhahnenfuß). In der neuen Landschaft der Ville, die außer solchen Entwässerungsgräben keine fließenden Gewässer besitzt, hat sich also schon eine Pflanze der Bäche eingefunden. Zugleich mit *Ranunculus aquatica* tritt *Utricularia vulgaris* L. (Wasserschlauch) auf. Die Nahrung dieser insektenfressenden submersen Pflanze besteht aus Wasserflöhen, von denen *Bosnia* und *Cyclops* zahlreich vorkommen sind.

Der Zwillingssee hat noch floristische Besonderheiten aufzuweisen. Infolge des wechselnden Wasserstandes überschwemmt er zeitweise die Stämme der Erlen am Ufer. Während des Hochwassers treiben diese Erlen ein dichtes Adventivwurzelwerk, das in Trockenzeiten dem Ufergebüsch ein mangrovenähnliches Aussehen verleiht. Im See schwimmen Inseln von *Potamogeton pectinatus* L., in denen zahlreiche *Utricularia*-Pflanzen verankert sind. Der völlig von Wald eingeschlossene Waldsee vermittelt mit diesen roten Inseln, aus denen die gelben Blüten der *Utricularia* aufleuchten, ein landschaftlich besonders schönes Bild.

b) Das biozönotische Gleichgewicht im Bereich der Seen

Im Folgenden sind die älteren Seen zu untersuchen, an denen sich der Gleichgewichtszustand der Lebensgemeinschaften schon eingestellt hat. Es sei der auf Abb. 25 dargestellte Iris-See herausgegriffen, ein besonders günstiger Lebensraum mit einer typischen Lebensgemeinschaft. Der kleine See liegt in einer Mulde, fast allseits von Wald umgeben. Auf den erhöhten, trockenen Ufern wächst wiederum eine Trockenflora mit *Isatis tinctoria*, *Anthyllis vulneraria* und *Equisetum arvense*. In Ufernähe nehmen *Calamagrostis epigeios*, *Tussilago farfara* und *Lupinus polyphyllus* zu. Stellenweise eingesprengt blüht *Erythraea centaurium* L. (Tausendgüldenkraut). Unmittelbar am Ufer folgen Seggen und Binsen: *Carex vesicaria* L. (Blasensegge), *Juncus effusus*, stellenweise *Juncus glaucus* und häufig *Juncus conglomeratus*; ferner *Equisetum palustre* L. (Sumpfschachtelhalm) und *Heleocharis paluster* L. (Sumpfried). Bereits im Wasser folgen in geschlossenem Röhrichtgürtel *Phragmites communis* L. (Schilfrohr), *Typha latifolia*, *Alisma plantago aquatica*, *Sparganium ramosum* Huds. (Igelkolben) und *Iris pseudacorus* L. (Wasser-Schwertlilie). Im tieferen Wasser steht dann *Scirpus lacustris* L. (Teich-Simse) in großen Inseln. *Potamogeton natans* L. (Schwimmendes Laichkraut) bedeckt größere Wasserflächen, kleine Buchten völlig füllend (s. Figur 11).

Feuchte Senken mit Quell- oder Stauwasser in einiger Entfernung vom See werden von großen „Schilfwäldern“ eingenommen. Mit über 10 m langen Ausläufern dehnt sich *Phragmites communis* immer weiter aus (s. Abb. 25). Im leicht gewellten Gelände mit Wasserzug bedeckt *Scirpus silvaticus* weite Gebiete, in feuchten Senken von *Carex vesicaria* umsäumt. Vereinzelt sind *Lysimachia vulgaris* L. (Gilbweiderich) und *Erythraea centaurium* L. (Tausend-

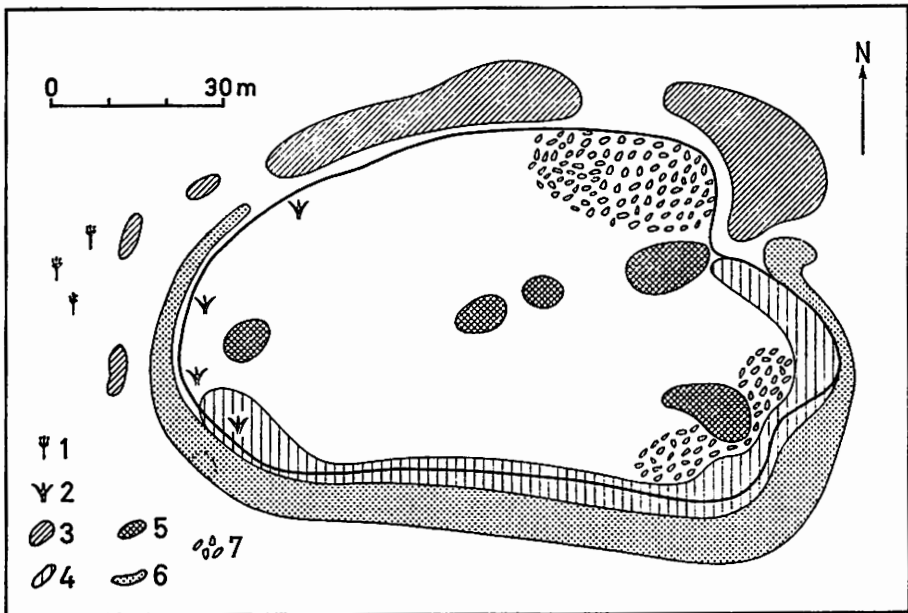


Fig. 11: Vegetationszonierung am Irissee

1 *Isatis tinctoria*, 2 *Iris pseudacorus*, 3 *Calamagrostis epigeios*, 4 *Typha latifolia*, 5 *Scirpus lacuster*, 6 Seggen-Gürtel, 7 *Potamogeton natans*

güldenkraut) zu finden. Sehr häufig wachsen in stattlichen Exemplaren *Epipactis palustris*. Das wellige Gelände vermittelt, bestockt mit Birken und Ginsterbüschen, den Eindruck einer Heidemoor-Landschaft.

Die Biozönose dieses Sees, die durch Anführung der Insekten und Vögel noch zu ergänzen wäre, ist in ihrer Reichhaltigkeit auf gute Lebensbedingungen zurückzuführen. Der Chemismus des Wassers zeigt günstige Verhältnisse an: 17 mg/l Chlorid, 1,5 mg/l NO_3 , 22,4 mg/l CaO, nur 14,9° Gesamthärte und 53 mg/l KMnO_4 -Verbrauch. Dieser Verbrauch gibt einen Einblick in die Beziehung zwischen Humusgehalt und Lichtklima des Wassers. Zur Charakterisierung des Humusgehaltes wird bekanntlich die Menge des KMnO_4 -Verbrauches benutzt, die zur Oxydation der Humussubstanz nötig ist. Bei 50 mg/l Verbrauch beträgt nach GESSNER (1950) die Sichttiefe 1,9 m. Die geringe Tiefe des Sees (maximal 3 m) ermöglicht gute Durchleuchtung und vor allem im Herbst und Winter ein reiches Planktonleben. Die Wassertemperatur steigt bei der windgeschützten Lage des Sees sehr schnell an, häufig auf über 30° C, weist aber regelmäßig eine stabile Schichtung auf. Sie nimmt schon in wenigen dm Tiefe rapide ab.

Der Fischreichtum ist groß. Es wurden Karpfen (*Cyrinus carpeo*), Schleien

(*Tinca vulgaris*) und Rotaugen (*Leuciscus rutilus*) ausgesetzt, die sich gut vermehren. Störend für die Fischzucht sind die Hechte (*Esox lucius*), deren Laich zum Teil durch Wasservögel eingeschleppt worden ist.

Das Schilfröhricht beherbergt eine Anzahl Vogelarten, die in Lebensweise und Habitus dem Ökotyp und seiner Pflanzenwelt angepaßt sind. Dies sind die Rohrsänger. Ihr Gefieder besitzt die gleiche gelbbraune Farbe des vorjährigen Schilfes, in dem sie nisten. In aufrechter Körperhaltung an den Zweigen des Schilfes sitzend, ist häufig der Drosselrohrsänger zu beobachten. Er brütet an allen schilfbestandenen Seen der Ville. Zu ihm gesellt sich der kleinere Teichrohrsänger (*Acrocephalus scirpaceus*) und die Rohrammer findet sich ebenfalls dort ein.

Auf jedem See brütet wenigstens ein Teichhuhnpaar (*Callinula scloropus*). Zeitweise trat auch der Haubentaucher (*Colymbus cristatus*) auf dem Berggeistsee auf, wurde aber durch Badebetrieb und Nestplünderung vertrieben. Im Jahre 1962 brütete er auf dem Gruhlsee. Der Zwergtaucher (*Podiceps fluviatilis*) brütet fast auf jedem See. Als große Seltenheit bleiben noch zwei Strichvögel zu nennen: Stelzenläufer (*Himantopus himantopus*) und Säbelschnäbler (*Recurvirostra avocetta*), deren Hauptverbreitung sich im Mittelmeerraum befindet (vgl. Arealkärtchen).

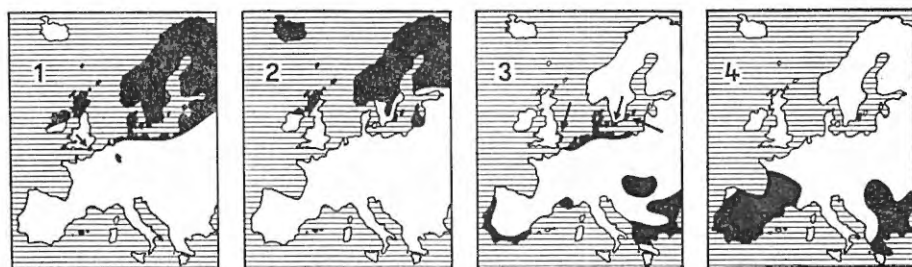


Fig. 12: Arealkarten verschiedener Vögel

(nach PETERSON-NIETHAMMER, Die Vögel Europas, Berlin 1954)

- 1 Sturmmöve (*Larus canus*), 2 Sternläufer (*Garia stellata*), 3 Säbelschnäbler (*Recurvirostra avocetta*), 4 Stelzenläufer (*Himantopus himantopus*)

Der am Irissee geschilderte Zustand biologischen Gleichgewichts verschiebt sich an den flachen kleineren Seen. Wie sich an den Typha-Keimlingen im Kiebitzsee schon gezeigt hatte, neigen die kleinen Seen rasch zur Verlandung. Vom Rande her dringen *Phragmites* und *Typha*, vor allem der Schmalblättrige Rohrkolben (*Typha angustifolia* L.), unterstützt von *Equisetum palustre*, *Scirpus lacustris* und *Heleocharis paluster*, immer weiter in den See hinein. Das sich anreichernde, absterbende, organische Material erhöht allmählich die Bodenbedecke; so wird das Wasser seichter und der Pflanzenbestand dichter. Der letzte Rest offenen Wassers mit *Potamogeton natans* ist bald überwuchert.

3. Die Sümpfe und Niedermoore

Weite Flächen des nicht rekultivierten Geländes, wie auch die Ufer der Seen, stehen während langer Zeit unter Wasser. Dort entwickeln sich Sümpfe mit einer auf kleinstem Raum wechselnden Pflanzenwelt, die im Vegetationsprofil unter Kapitel III, 4 geschildert wird. In diesem Bereich finden zahlreiche Lemnicolen (Bekassinen und Schnepfen) ihren Lebensraum. Besonders bemerkenswert sind die Moore, die in großer Zahl und mannigfacher Ausprägung anzutreffen sind. Diese Moore sind zum Teil keine Verlandungsmoore, sondern sie haben sich als Flachmoore auf feuchtem Boden gleichmäßig mit der Wasseranreicherung entwickelt, sind also nie offene Seen gewesen. Am Hangfuß der Kippen befinden sich regelmäßig Quellhorizonte, — Fontanilizonen, die zu stark eisenhaltigen Quellmooren Anlaß geben. Selbst im Dürresommer 1959 sind diese Quellen nicht versiegt.

Auf wasserübersättigtem Sand und Kohlenstaubgemisch wächst in geschlossener Decke *Funaria hygrometrica* (Drehmoos) und verstärkt die Feuchte des anmoorigen Bodens. Dieses Moos trockener Sandböden und Brandstellen (Pyrophyt) der Wälder kennzeichnet die eigenartigen edaphischen Verhältnisse des Kohlenbodens. Als trockenheitsliebendes Moos erträgt es zwar auch große Feuchtigkeit, findet jedoch sein Optimum während der sommerlichen Austrocknung. Zudem bieten sich wohl auf Kohlenstaub ähnliche ökologische Verhältnisse wie auf den Waldbrandstellen.

Im Sommer trocknen diese flachgründigen Moore häufig aus, sodaß Gräser und Typha-Jungpflanzen teilweise absterben. *Juncus effusus*, *Juncus conglomeratus* und *Sagina procumbens* L. (Mastkraut) sind die häufigsten Pflanzen dieser Moore. Die Abb. 27 zeigt das typische Bild von Bulten und Schlenken, wie sie vom Hochmoor her bekannt sind. Hier handelt es sich jedoch nicht um Hochmoore, wie Vegetation und P_{H-} -Wert (5,0) beweisen.

Dieses Moor wird von *Acrocladium cuspidatum* (Spießmoos) und *Polytrichum commune* aufgebaut. Deren Wachstum ist bei Absterben der unteren Teile so stark, daß die Bulten bereits eine Höhe von 50 cm besitzen. Sie schwimmen teilweise auf tieferem Wasser, sodaß sich ein ausgesprochener Schwingrasen entwickelt hat. Solche Moore, die sich vom Hochmoor nur durch Nährstoffreichtum und höherem P_{H-} -Wert unterscheiden, bilden einen Moortyp vom Habitus eines Hochmoores, aber der Vegetation eines Flachmoores. Die Schlenken werden von *Equisetum palustre*, in tieferem Wasser auch von *Equisetum limosum* L. (Teichschachtelhalm) ausgefüllt. Auf den Moosbulten sind *Epipactis palustris*, *Orchis maculata* und *Eriophorum angustifolium* anzutreffen. Es bestehen natürlich alle Übergänge, vom trockenen Erlen-Weiden-Gebüsch am Ufer, mit *Cirsium palustre* (L) Scop. (Sumpfdistel), über Bulten und Schlenken, bis zum offenen Wasser.

4. Vegetationsprofil eines ausgekohlten Tagebaues

Das folgende Vegetationsprofil, durch den ehemaligen Tagebau Vereinigte Ville, möge in großräumiger Übersicht das Wechselwirkungsgefüge von Boden,

Wasser, Mikroklima und Vegetation der einzelnen Ökotope veranschaulichen. Auf kleinstem Raum wechseln die ökologischen Verhältnisse, sodaß eine vielfältige, spontan aufkommende Vegetation anzutreffen ist. Im Geländeprofil (s. Figur 13) wurde an den bezeichneten Punkten die Vegetationszusammensetzung der verschiedenen Ökotope erfaßt. (Die Pflanzen sind in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit angeführt.)



Fig. 13: Vegetationsprofil

I. Kieshochfläche. Innerhalb von zwei Jahren erst wenig besiedelt: *Poa annua* L., *Bromus sterilis* L., *Reseda lutea* L., *Epilobium angustifolium* L., *Ononis spinosa* L.

II. Kieshang mit Kohlenstaub untermischt: Die gleichen Arten wie unter I. Ferner: *Arenaria serpyllifolia* L., *Erigeron canadensis* L., *Epilobium parviflorum* Schreb.

III. Am Fuß des Hanges. Reitgras-„Steppe“. Eingeschwemmter Feinboden: Etwa 5 Jahre alt: *Oenothera biennis* L., *Daucus carota* L., *Eupatorium cannabinum* L., *Hypericum perforatum* L., *Epilobium parviflorum* Schreb.

IV. Tiefer, eisenhaltiger Abzugsgraben mit fließendem Wasser: Geschlossenes Buschwerk aus Birken, Weiden und Espen: *Phragmites communis* L., *Eupatorium cannabinum* L., *Typha latifolia* L., *Equisetum limosum* L.

V. Tümpel zwischen „Kohlenstaubdünen“ (P_H 4,4 l): *Juncus conglomeratus* L., in ausschließlichem Reinbestand. *Juncus articulatus* L., im flachen Wasser dichten Rasen bildend. In anschließender feuchter Senke mehrere Polster von *Polytrichum commune*, vereinzelt *Alisma plantago aquatica* L.

VI. Auf trockenem Kohlenstaub mit hohen Extremtemperaturen (Amplituden bis zu 32° C, P_H 4,6): *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Tussilago farfara* L.

VII. Auf oberflächlich feuchtem Kohlenstaub: *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Tussilago farfara* L., *Oenothera biennis* L., *Epilobium angustifolium* L., *Reseda lutea* L., *Epilobium parviflorum* Schreb.

VIII. Ufer des Kiebitzsees (Hohe Feuchte des Bodens, luftfeuchter Standort, geringe Temperaturschwankung durch ausgleichende Wirkung des Wassers): *Typha latifolia* L., *Typha angustifolia* L., *Potentilla norvegica* L., *Eriophorum angustifolium* L., *Juncus articulatus* -Rasen, dichte Rasen verschiedener Seggen. Im überfluteten Uferbereich: *Heleocharis paluster* L., *Alisma plantago aquatica* L.

Im See: *Typha latifolia* L., *Typha angustifolia* L., *Scirpus lacustris* L., *Juncus effusus* L., *Potamogeton natans* (nur in tieferen Gräben innerhalb des Sees. Der übrige, flachgründige Seeboden aus anstehender Kohle ist zur Besiedlung zu hart.)

IX. Sumpfgelände auf Kohle-Ton-Boden: *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Juncus conglomeratus* L., *Juncus effusus* L., *Carex leporina* L., *Epilobium hirsutum* L., *Epilobium palustre* L., *Epilobium angustifolium* L., *Typha latifolia* L., *Phragmites communis* Trin., *Tussilago farfara* L., *Scirpus silvaticus* L., *Heleocharis paluster* L., *Lycopus europaeus* L., *Erythraea centaurium* Pers., *Scirpus setaceus* L., *Lythrum salicaria* L.

X. Übergang zu feuchter Kohle: *Lotus corniculatus* L., *Oenothera biennis* L., *Medicago lupulina* L., *Bromus tectorum* L., *Poa annua* L., *Malachium aquaticum* (L.) Fries, *Potentilla anserina* L., *Anthemis arvensis* L., *Prunella vulgaris* L., *Hieracium pilosella* L.

XI. Eisenhaltige Quellzone und Sumpfgelände am Fuß des Hanges: *Juncus conglomeratus* L., *Juncus effusus* L. (beide dichte Bestände bildend), *Eupatorium cannabinum* L., *Cirsium palustre* (L.) Scop., dichtes Moospolster mit *Prunella vulgaris* L., *Carex leporina* L., *Lotus corniculatus* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Epilobium hirsutum* L., *Epilobium palustre* L., *Epilobium angustifolium* L., *Equisetum palustre* L., *Alisma plantago aquatica* L., *Daucus carota* L., *Potentilla reptans* L.

XII. Kieshang. Mischboden aus Sand und Kies, starke Wind- und Sonnen- sowie Regenexposition: *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Vulpia myosurus* (L.) Gmel., *Arenaria serpyllifolia* L., *Epilobium parviflorum* Schreb, *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Tanacetum vulgare* L.

Damit sei die Betrachtung der sich spontan entwickelnden Pflanzen- und Tierwelt der verschiedenen Ökotope abgeschlossen. Die Untersuchungen ergaben, daß die Pflanzen bei den Zufälligkeiten der Verbreitung, der wechselnden edaphisch-mikroklimatischen Verhältnisse und schnellen Keimfähigkeit innerhalb von ca. 10 Jahren auf trockenen Standorten noch keine festen Gesellschaften ausbilden konnten. Pflanzen verschiedenster Gesellschaften treten zugleich auf, ohne sich in gesetzmäßiger Sukzession abzulösen. Die Pionierpflanzen behaupten in geschlossener Decke ihr Areal und verhindern die Keimung anderer Pflanzen, die den

verbesserten klimatisch-edaphischen Verhältnissen entsprechen und zu einer geschlossenen Pflanzengesellschaft führen würden. Nur an den Seen und Mooren, unter ökologisch gleichartigen und ausgeglichenen Bedingungen können sich in relativ kurzer Zeit die Pflanzengesellschaften in gewohnter Sukzession entwickeln.

5. Sukzessionsstadien der neuen Landschaft

Die Beobachtung der verschiedenen Ökotope in jeweils unterschiedlichem Entwicklungsstadium, und die Verfolgung dieser Entwicklung über mehrere Jahre ermöglichen es, gewisse Gesetzmäßigkeiten der Landschaftssukzession aufzudecken. Bei einer Wechselwirkung zahlreicher ökologischer Faktoren können sich Kleinlandschaften in unten geschilderter Weise entwickeln und wandeln. Da dieser Landschaftswandel des Reviers jedoch nicht nur nach natürlichen Gesetzmäßigkeiten fortschreitet, ist zu unterscheiden zwischen natürlichen und anthropogen beeinflussten Sukzessionsstadien.

Im folgenden sollen die wichtigsten auszugliedernden Ökotope aufgeführt werden, und zwar in ihrer fortlaufenden Veränderung bis zum gegenwärtigen Zustand.

Obwohl einige Ökotope, so die Umgebung der Seen oder die Robinienwälder, sich bereits in einem labilen Gleichgewicht befinden, kann hier noch nicht von einem Endzustand oder Klimax gesprochen werden. Es muß damit gerechnet werden, daß alle Ökotope über den derzeitigen Zustand hinaus sich weiter entwickeln. Weder die Boden- noch die Vegetationsentwicklung ist abgeschlossen, und damit unterliegt auch das Mikroklima sowie der Wasserhaushalt einer ständigen Veränderung.

Im Verlauf langer, heute noch nicht zu übersehender Zeiträume wird der jetzt teilweise erreichte labile Gleichgewichtszustand vor allem infolge neuen Samenanflugs und Zoochorie allmählich gestört. Es läßt sich nicht für alle Ökotope die weitere Entwicklung voraussagen. Soweit die Bodenentwicklung günstig verläuft, kann in späterer Zeit mit einem Eichen-Hainbuchenwald gerechnet werden. Auf bodensauren oder feuchten Standorten wird die Entwicklung zum Eichen-Birkenwald verlaufen. Es muß erneut betont werden, daß ohne Eingriff des Menschen das Gleichgewicht eines Ökotypes nur sehr langsam gestört wird.

Häufig ist die natürliche Sukzessionsreihe durch anthropogene Eingriffe entweder abgelenkt oder unterbrochen, da das Revier weitgehend aufgeforstet wurde.

Es könnte nun so verfahren werden, daß ein Teilgebiet des Reviers herausgegriffen und dieses in seinem steten Wandel der Sukzessionsstadien erfaßt würde. Dann weist das Bild der sich entwickelnden Landschaft zunächst einen weder von Pflanzen noch Tieren besiedelten Raum auf. Innerhalb dieses Raumes liegen die verschiedenartigen edaphisch-hydrologischen Bereiche, die infolge pflanzlicher und tierischer Besiedlung als Ökotope sich wandeln und in

ihrer Gesamtheit eine ganz bestimmte Sukzessionsreihe dieser Landschaft ergeben.

Um den gesetzmäßigen Ablauf der Sukzession aufzuzeigen, erscheint mir jedoch eine andere Methode geeigneter. Da meine Beobachtungen des ausgekohlten Reviers nur einen Zeitraum von ca. 6 Jahren erfaßten, ist es vorteilhafter, die immer wieder auftretenden, gleichartigen Ökotope zu gliedern und getrennt in ihrer Sukzession bis zum gegenwärtigen Zustand zu schildern. So wird aus dem Nebeneinander verschieden weit entwickelter Ökotope auf die zeitliche Folge der Sukzessionsstadien geschlossen. Nicht alle Teilabschnitte des Reviers, die in allen Altersstadien bis zur ca. 40jährigen Wald-Seen-Landschaft sich entwickelt haben, enthalten sämtliche angeführten Ökotope. Doch kann aus der Gesamtdarstellung der Ökotope und deren Entwicklungsstadien jeder beliebige Landschaftsbereich in seinem derzeitigen Stadium abgelesen und zeitlich eingeordnet werden, was unten an einem Beispiel erläutert werden soll.

Sukzessionen der Ökotope im Revier:

I. Kieshänge

A. Natürliche Sukzessionsreihe

1. Vegetationslose Kippenhänge mit vielfältigen Erosionsformen (u. a. Erdpyramiden, Hangrutschen und jahreszeitliche Solifluktion [Spätwinter]). In Südlage hohe Temperaturamplituden, bei SW-NW-Exposition erhöhte Windwirkung (nähere Angaben siehe Seite 41).
2. Pionierbesiedlung (vgl. auch BARTHEL 1962).
3. Anflug oder Einschwemmung von Holzarten: Ginster, Weiden, Birken, Espen, Robinien. Bei Heranwachsen nachlassende Erosion der Hänge, allmähliche Unterdrückung der Pionierpflanzen, Abschwächung der Extreme des Mikroklimas.
4. Laubwald angeflogener Arten. Soweit Robinien aufkommen, Entwicklung zum Reinbestand wegen Unverträglichkeit der Robinie mit anderen Holzarten. Bemerkenswerte Waldflora (siehe Seite 74, vgl. auch KOHLER 1963).

B. Aufforstungsmöglichkeiten

1. Robinienanbau zur Hangbefestigung. Heute meist nicht mehr angewandt. Statt dessen Pappel-Erle.
2. Als Pioniergehölz zur Bodenverbesserung Erle und Pappel. Nach ca. 8 Jahren Erlen unterdrückt und geschlagen, daher Pappelreinbestand. Wurzeln der Erlen mit Knöllchenbakterien verbleiben zur Stickstoffzufuhr im Boden. Nach ca. 25—30 Jahren sind die Pappeln schlagreif, die Bodenbildung soweit fortgeschritten, daß anspruchsvollere Holzarten angepflanzt werden können.
3. Mischkultur aus Pappeln, Erlen, Eichen, Ahorn. (Moderne Methode zur vielseitigen Bodenerschließung.)

II. Kiesflächen

A. Natürliche Sukzession

1. Vegetationslose Flächen, am Fuß der Hänge Schwemmkegel. Sandstürme, Frosthübe der im Winter stets feuchten Kies-Sandgemische.
2. Pionierpflanzen je nach hydrologischen Verhältnissen, von xerophilen Pflanzen (*Bromus erectus*, *Anthyllis vulneraria*, *Isatis tinctoria*) bis zu hydrophilen Pflanzen (*Typha* etc.). Charakteristische Wuchsformen: Polstergräser, Horste, Rosettenpflanzen, fast alle Pionierpflanzen mit vegetativer Vermehrung (Ausläufer und Viviparie).
3. Auf trockenen bis mittelfeuchten Flächen entwickelt sich die „Reitgrassteppe“ (*Calamagrostis epigeios*) (vgl. BARTHEL 1962). Unterdrückung der zunächst aufgekommenen Vegetation.
4. Anflug oder Einschwemmung von Birken, Espen, Weiden, Robnien, im Unterwuchs weiterhin *Calamagrostis*.
5. Vermutliche Weiterentwicklung: Laubwald von Pioniergehölzen, der je nach Bodenentwicklung und hydrologischer Verhältnisse im Laufe langer, noch nicht zu überschender Zeiträume in Eichen-Hainbuchen (Buchen-) bzw. Eichen-Birken-Wald übergehen kann.

B. Aufforstungsmöglichkeiten

1. Auf besseren Böden (Kies, Sand, Ton-Gemisch):
 - a) Buchenreinbestand
 - b) Buchen, Eichen, Roteichen
 - c) Moderne Methode: Mischkultur (siehe I. B. 3.)
2. Auf reinen Kiesböden:
 - a) Kiefern (heute verlassene Methode)
 - b) Pappeln-Erlen-(Weiden)
 - c) Mischkultur (siehe oben)

III. Kies-Kohlenstaub-Gemisch, leicht gewellte Flächen

A. Natürliche Sukzession

1. Sortierung des Kies- und Kohlenstaubmaterials durch Wind- und Wassererosion. Versumpfung der Mulden, Austrocknen der erhöhten Lagen.
2. Pionierpflanzen sehr verschiedener ökologischer Ansprüche, z. B. in feuchten Mulden: *Carices*, *Juncus*, *Epipactis*; auf Kies oder Kohlenstaub: *Calamagrostis*, *Fragaria*, *Isatis*.
3. Ginster-, Weiden-, Birken-Gebüsch auf trockenen Standorten. In feuchten Mulden: *Scirpus silvaticus*-Rasen, *Equisetum paluster*, *Epipactis palustris* und *Phragmites communis*.
4. Vermutliche Weiterentwicklung und Endzustand: Birkenwald mit eingestreuten Flachmooren.

B. Aufforstung

Leider wurden einige dieser Ökotope nach ca. 10 Jahren aufgeforstet. Birken und Weiden wurden stark gelichtet und statt dessen Pappeln gepflanzt.

IV. Kohlenstaubflächen

A. Natürliche Sukzession

1. Trockener Kohlenstaub, stellenweise im Untergrund anstehender Ton, daher feuchter. Kammeisbildung und „windgestreifter Aufrierboden“. Staubstürme. Dichtschlammung in feuchten Mulden. Tagesamplituden über 40° C.
2. Pionierpflanzen, denen zunächst Bakterienbesiedlung vorausgegangen sein muß, zur Stickstoffbildung im Boden. Nur wenige Arten, u. a. *Tussilago*, *Calamagrostis*.
3. Birken-, Espen-, Weiden-Anflug, vereinzelt Robinien.
4. Reitgrassteppe, unterbrochen von einzelnen Bäumen an feuchten Stellen.
5. Der derzeitige Zustand wird sich wegen der begrenzenden, schlechten Bodenverhältnisse kaum ändern.

B. Bisher wurde nicht aufgeforstet, da nur wenig Aussicht auf Erfolg ohne Sand-, Kies- oder Lößauflage.

V. Mulden mit Seen

A. Natürliche Sukzession

1. Wasseransammlung bei Bodenverdichtung. (Meist Ton im Liegenden der Kohle.) Bei kleinen Seen starke Wasserschwankung bis zur Austrocknung. Kleine Inseln dienen als Brutplätze der Sturmmöven.
2. Ansammlung verschiedener Wasserpflanzen (Anemochorie und Zoochorie). Spezielle Wuchsformen einzeln aufkommender Pflanzen. Allmähliche geschlossene Besiedlung der feuchten Uferzonen sowie der seichten Wasserflächen.
3. Geschlossener Vegetationsgürtel, vom Weidengebüsch, Groß- und Kleinseggenrasen am Ufer, über *Phragmites*, *Typha*, *Scirpus lacustris* bis zum submersen Rasen und Schwimmblattgewächsen (*Chara*, *Potamogeton*) (vgl. dazu BARTHEL 1962: „ . . . das gesamte Litoral in seiner typischen Abfolge . . . ist bisher noch nirgends beobachtet worden . . .“ [Mitteldeutsches Revier]).
4. Labiles Gleichgewicht des Ökotops mit gut ausgeprägter Biozönose: Ufer geschlossen begrünt, zahlreiche Wasservögel, Libellen etc.
5. Bei flachen Seen allmähliche Verlandung durch *Phragmites*, *Typha*, *Equisetum* und *Moose*. Ebenso Bildung von Flachmooren mit *Acrocladium cuspidatum*, *Eriophorum*, *Equisetum* etc.

B. Die Umgebung der Seen wurde nicht aufgeforstet, sodaß die natürliche Entwicklung gut zu beobachten ist.

IV. Kohle-Ton-Gemisch

1. Infolge Wasserstau und Bodenverdichtung Sumpfbildung.
- 2 a. Zahlreiche Pionierpflanzen verschiedenster Gesellschaften im periodisch stehenden Wasser.
- 2 b. Moosrasen (*Funaria hygrometrica*) auf feuchtem Boden.
- 3 a. *Calamagrostis*, *Juncus*, *Epilobium* und zahlreiche hygrophile Pflanzen. Lebensraum der Watvögel (Lemicolen).
- 3 b. Mehrere dm hohe Moosrasen. Vereinzelte Binsen und Birken.
- 4 a und 4 b. Entwicklung zum Birkenmoor tendierend.

Nach der Darstellung der wichtigsten Ökotope und deren Sukzessionsstadien soll nun ein Teilabschnitt der neuen Landschaft am Beispiele der Umgebung des Irissees (siehe Abb. 33) im heutigen Zustand charakterisiert und in seine Ökotope gegliedert werden. (Alter der Landschaft ca. 16 Jahre.) Die Entwicklung der Ökotope geht noch weiter. Nur bei den hygrischen Ökotypen ist ein labiles Gleichgewicht erreicht. Die Landschaft hat sich weitgehend ohne Eingriff des Menschen entwickelt. Der See ist nur zum Teil von aufgeforsteten Wäldern umgeben. Das Ufer und die „Ginster-Birken-Heide“ zeigen die naturbedingte Entwicklungsreihe. Die Landschaft bietet sich uns als eine Verflechtung folgender Ökotope:

- I. Der Irissee (Ökotop V, 4).
- II. Im SW die „Ginster-Birken-Heide“ (Ökotop III, 3).
- III. Von W bis E aufgeforstete Kiesflächen (Ökotop II, B, 2, b).
- IV. Von SE bis SW flach geneigte Kieshang, erst vor kurzem mit Pappeln aufgeforstet (Ökotop I, B, 2).
- V. Im SE anschließend steile Böschung mit Pappeln (Ökotop I, B, 2).

Auf diese Art läßt sich das Revier in kleinste Landschaftsräume aufgliedern, deren Sukzessionsstadien, zusammengesetzt aus den jeweiligen Stadien der Ökotope, alle Altersstufen zeigen. Wo unmittelbar nach dem Kohleabbau aufgeforstet wurde, entfallen die natürlichen Pionierstadien, da der rasche Kronenschluß unmittelbar die derzeitigen verschiedenen Waldökotope verursacht.

Die erstaunlich hohe Humifizierung der obersten Bodenschichten hat dennoch in der kurzen Zeit nicht zu einer abgeschlossenen Bodendynamik führen können. Man kann die bisher entstandenen Böden typologisch noch nicht einordnen. BARTHEL spricht allerdings wegen der Ähnlichkeit zum Ranker von „Kippenranker“. Eine Rankerbildung auf Kippen kann jedoch nicht als allgemeingültig hingestellt werden, was auch BARTHEL betont.

Im rheinischen Revier ist vielmehr, — vielleicht infolge der höheren Niederschläge — eine rasche Einschwemmung des Humus in den lockeren Kies und eine weitgehende Mineralisierung der humosen Schichten festzustellen. In welche Richtung die Bodendynamik verlaufen wird, kann für die Kiesböden und feuchten Kies-Kohlen-Gemische nicht vorausgesagt werden. Für bessere Mischböden oder Lößböden wird sicherlich bei Waldbedeckung die im hiesigen Klimabereich gültige Braunerde zu erwarten sein. Entsprechend der Verschie-

denartigkeit der Ökotope und ihrer Vegetation ist auch die Bodenbildung kleinräumig stark wechselnd (vgl. im einzelnen Seite 69 ff.).

6. Ökologische Verhältnisse der forstlich rekultivierten Kippen

Durch eine Reihe von Gesetzen sind die Verwaltungen der Braunkohlen-gruben verpflichtet, die umgewandelte Landoberfläche zu rekultivieren. Sie müssen das Gelände wieder einebnen und soweit möglich mit den Schottern des Deckgebirges auffüllen. Nach den gegebenen Bodenverhältnissen sollen neue Felder angelegt oder Forsten angepflanzt werden.

a) Auswahl und Erprobung der Holzarten

In den ersten Jahrzehnten des Kohlenabbaus wurden die Kippen und ausgekohlten Gebiete nicht bepflanzt. Der Boden verdichtete sich, und *Calamagrostis epigeios* bedeckte weite Flächen. Da ergriff Revierförster Huttanus in Walberberg (mündliche Mitteilung und Manuskript) im Jahre 1932 die Initiative und begann aufzuforsten. Es waren keinerlei Erfahrungen vorhanden, so blieb nur die Wahl des Experimentes. Verschiedene Holzarten wurden angepflanzt, um ihre Wuchsfreudigkeit zu erproben. Huttanus fand auf einer Halde am Rande des alten Waldes angeflogene Kiefern. Dies war die Veranlassung, Rekultivierungsversuche mit Kiefern zu unternehmen. Die Bodenqualität wechselte auf kleinem Raum, die Kippen waren von *Calamagrostis*, *Sarothamnus* und *Rubus* überwuchert. Die Mühen der „Rodung“ und Neupflanzung lohnten, denn selbst auf den schlechtesten Böden schlug die Kiefer gut an. Sie hatte ungewöhnlich lange Jahrestriebe, bis zu 90 cm Länge. Aber wie sich nach einigen Jahren herausstellte, ließ das Wachstum im Stangenholz-Alter nach und es trat Wipfeldürre ein. Dies war besonders darauf zurückzuführen, daß die Wurzeln mit zunehmender Baumgröße, und damit höherem Wasserverbrauch, die im Untergrund verdichteten Kiese nicht durchdringen konnten. Dabei starben die feinen Haarwurzeln ab, die Wasserversorgung stockte und parasitische Pilze drangen in das Wurzelgewebe ein. Außerdem fehlten den rohen Böden der Halden jegliche Mikroorganismen und die für den Pflanzenwuchs notwendigen Humusstoffe. Die organische Substanz, die sich vielleicht im Zuge der Abraumbewegungen an der Oberfläche abgelagert hatte, war bei dem großen Porenvolumen in die Tiefe ausgewaschen worden. Jahrelang hatte der Boden ohne schützende Vegetation gelegen, war ausgetrocknet und verdichtet. Wenn auf diesen Böden eine erfolgreiche Aufforstung möglich werden sollte, so mußten die Pflanzen mit einer geringen Wassermenge auskommen können und ein starkes Wurzelwerk besitzen.

Auf kies- und lehmgemischten Böden wagte HUTTANUS eine Aufforstung mit Rotbuche. Die relativ schlechten Böden ließen kein rasches Wachstum erwarten, doch besitzen die Forsten heute, nach 26 Jahren, ein gesundes Aussehen. Eine weitere Monokultur wurde vor allem auf Steilhängen angelegt. Hierzu eignete sich besonders die Robinie, die mit ihrer Wurzelbrut Steilhänge gut

befestigt. Sie stellt keine Ansprüche an den Boden. Durch ihre Neigung zur Zwieselbildung liefert sie außer wetterbeständigen Pfählen allerdings kein gutes Nutzholz, ist dafür aber als Bienenweide gern gesehen. Heute ist der Anbau weitgehend eingeschränkt, da ihre Funktion der Haldenbefestigung der Pappel übertragen ist.

Eine andere Holzart, die sich am besten von den bisher genannten bewährt hat, ist die Roteiche (*Quercus rubra*). Auch sie hat eine große Wurzelintensität und ein besonders schnelles Jugendwachstum. Schon in erster Generation bildet sie einen gesunden Nutzwald. Meist wird sie in Mischung mit Pappeln, Rotbuchen, Hainbuchen, Lärchen und Kiefern angepflanzt. Dieser Mischwald ist aus den Experimenten als beste Möglichkeit auf sandig-lehmigen Böden hervorgegangen.

Man hat außerdem versucht, Lärchen und Fichten anzupflanzen, die jedoch bei geringen Niederschlägen schlecht vorankommen. Am besten wuchs die Lärche, die stellenweise im Reinbestand oder als Mischwald gute Bestände bildete. Doch im Dürresommer 1959 gingen große Teile des Lärchenwaldes zugrunde. Teils vertrockneten sie völlig, teils warfen sie die Nadeln bereits im Juni ab, um im Herbst neu zu grünen. Im Jahre 1959 konnte man so das in unseren Breiten seltene Ereignis beobachten, daß nicht die Jahreszeit, sondern die Trocken- und Regenzeit die Belaubung der Bäume bestimmte.

Die Pappel erwies sich besonders auf schlechten Böden als beste Pionierholzart. In den ersten Jahren des Pappelanbaus entstanden Monokulturen, die kein schönes Bild ergaben und aus edaphischen sowie phytopathologischen Gründen abzulehnen sind, da diese den Boden einseitig ausnutzen. Die Pappel leistet jedoch erstaunlich viel auf den minderen Mischböden. Sie ist als Baum der Auenwälder mit einem hohen Wasserbedarf bekannt. Sie schien also für Kippenanpflanzungen ungeeignet. Aber die Versuche haben ergeben, daß ihre Pfahlwurzeln, mit ihrer großen Intensität, aus größten Tiefen Wasser heraufholen.

Aber sie dringen nicht nur in die Tiefe, sondern verlaufen auch dicht unter der Oberfläche viele Meter weit. So können alle geeigneten Bodenhorizonte ausgenutzt werden.

Zur weiteren Düngung und Aufschließung des Bodens wurden die Pappeln reihenweise von *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. unterbaut. Diese Schwarzerlen sind für die Bodenverbesserung von unschätzbarem Wert. Als Hauptholzart der Bach- und Flußufer, schienen sie für die rohen Kippenböden kaum geeignet. Aber durch starkes Wasserbedürfnis angeregt, wachsen sie in den zunächst lichten Jungbeständen rasch heran, reichern in ihren Wurzelknöllchen Stickstoff an und bedecken mit ihrem kräftigen, milden Fallaub den Boden. Die Pappeln werden durch den Erlenunterwuchs zu schnelltem, aufrechtem Wuchs gezwungen. Sie überschatten die Erlen allmählich, wodurch diese zurückgehen und mit ihren absterbenden Ästen eine lockere Anreicherung von mildem Humus ermöglichen. Schließlich werden die Erlen auf den Stock gesetzt. Als zusätzliche Stickstoffdüngung und Erhöhung des Bodenschutzes wird *Lupinus polyphyllus* eingesät. Durch ihre Stickstoffknöllchen sowie ihre große, jährliche

Laubbildung reichert sie den Boden mit Humus an. Nach K. HUNDHAUSEN (1935) werden Roteichen, zweijährig angepflanzt und durch Lupinen getrieben, nach 5 Jahren bereits drei Meter hoch, während die Vergleichspflanzen ohne Lupinenunterwuchs nur 65 cm hoch wurden.

Der Pappelanbau, unterstützt von den genannten Stickstoffsammlern, ist als eine Art Vorwald gedacht. Im Verein mit der Schwarzerle haben die Pappeln nach etwa 20 Jahren einen humosen Waldboden geschaffen. In der zweiten Generation werden dann auch andere standortgemäße Holzarten mit Erfolg angebaut werden können. Um von vorneherein zum Mischwald überzuleiten, werden heute schon im zweiten Jahr Rotbuchen und andere Laubhölzer eingepflanzt. Diese Methode zielt auf eine möglichst vielseitige Bodenverbesserung hin.

b) Bodenbildung unter verschiedenen Waldtypen

Auch anspruchsvolle Baumarten, z. B. die Rotbuche, können auf feinkörnigen Böden gedeihen und im Laubmischwald erhebliche Humusmengen erzeugen, wie die Bodenanalysen bewiesen. Es wurden Böden unter 25—30jährigen Mischwäldern und gleichaltrigen Kiefernforsten aus dem Bereich des Schnorrenberges bei Pingsdorf untersucht. Die pH -Werte des verkippten Bodens lagen zum Teil im stark sauren Bereich bis zu 3,9. Auch die Sorptionsverhältnisse waren sehr ungünstig. Dennoch sind die Laubmischwälder gut entwickelt. Die gemischte Laubstreu, mit ihrem hohen Gehalt an organischer Substanz (bis 68 %), bildete große Mengen Humussäuren (bis 23 %, vgl. Tabelle 15 a, im Anhang, Boden Nr. III, 1). In der obersten Lage handelt es sich zwar überwiegend um Fulvosäuren (Rohhumus), doch in der tieferen, mineralisierten Schicht überwiegen die Humussäuren (vgl. Tabelle 15 a). Selbst wenn man für die tieferen Bodenschichten einen gewissen Prozentsatz an Humussäuren auf Kosten einer Beimischung von Kohle vermuten muß, bleibt doch die Humusproduktion beachtlich. Es ist jedoch weniger eine Frage der Zeit, als der Artenzusammensetzung der Wälder, wieviel Humus und in welcher Form er produziert wird. So ergaben die Buchen-Monokulturen nach ca. 26 Jahren folgendes Bodenprofil: Unter einer völlig vegetationslosen Laubstreu folgen etwa 10 cm vermodernde Blätter, weitere 10 cm verfilzter Trockentorf, und darunter das unveränderte lehmige Kiesmaterial.

Die Bäume sind also darauf angewiesen, ihren Nährstoff- und Wasserbedarf aus dem geringwertigen Kiesboden zu beziehen. Die beiden einzigen Bodenpflanzen zeigten ebenso deutlich wie das Profil den Rohhumus an. Es sind das Wintergrün (*Pirola rotundifolia* L.) und der Saprophyt Fichtenspargel (*Monotropa hypopitys* L.), die beide sehr häufig, der Fichtenspargel in großen Kolonien, aus der Laubstreu auftauchen. So muß darauf geachtet werden, Monokulturen zu meiden. Mischwälder aus Laubbäumen und Lärchen erwiesen sich als sehr vorteilhaft für die Bodenbildung.

Der Laubmischwald, in 25—30jährigem Bestand, im südlichsten Teil des Reviers, hat die oberste Bodenschicht bereits gut humifiziert. Als Beispiel sei Bodenprofil Nr. I, Tabelle 15 a herausgegriffen (siehe auch Figur 14).

Der P_H -Wert liegt um 7 und sinkt erst in 10 cm Tiefe auf 5,7, wo der angekippte Mischboden erreicht ist. Nach weiteren 10 cm stößt das Profil auf tonreiche Sande und Kohlenstaub, wo der tiefste gemessene P_H -Wert von 3,9 auftrat. Die organische Substanz der Laubstreu ist naturgemäß sehr hoch (65 %). Sie enthält 11,5 % Humussäuren, von denen mit 9,1 % die Fulvosäuren weit überwiegen. Das gleiche Verhältnis besteht auch in der Moderschicht (A_F -Horizont), so daß auch hier bei der dichten Lagerung der organischen Substanz der Rohhumus überwiegt. Dies ändert sich aber in 5 cm Tiefe, wo ein 5 cm mächtiger mineralisierter Mull-Horizont (A_H) folgt. Als Auswirkung der ältesten, völlig mineralisierten Laubstreu enthält der Mull bei 21 % organischer Substanz mit 13,9 % des Gesamtbodens noch reichlich Humussäuren. Hier überwiegen mit 9,0 % die Huminsäuren. Es bildete sich also ein reicher Dauerhumus. Sogar im darunter befindlichen C-Horizont des unveränderten Mischbodens, aus Sand, Kies und Ton, besteht der Boden noch zu 17,7 % aus organischer Substanz. Immerhin noch 7,9 % bestehen aus Humussäuren, von denen mit 5,8 % die Huminsäuren ebenfalls überwiegen.

Die mineralisierte Bodenschicht (A_H) der Probe Nr. I (in Tabelle 16, im Anhang) weist entsprechend der Humusanreicherung auch gute Sorptionsverhältnisse auf. Der S-Wert (Menge der sorbierten Basen) ist in Probe I, 3 mit 95,2 mval außergewöhnlich hoch, der T-S-Wert (Menge der sorbierten H-Ionen), der aus der sehr niedrigen Hydrolytischen Azidität errechnet wurde, liegt mit 5,7 mval relativ niedrig, was gut mit der neutralen Reaktion des Bodens (P_H 7,2) übereinstimmt. Der T-Wert, der die Summe aller Basen und H-Ionen angibt, liegt auf Grund des hohen S-Wertes ebenso sehr hoch. Die Güte dieser Bodenschicht kommt besonders in der hohen Basensättigung (V) zum Ausdruck, die 94,3 % beträgt.

Im krassen Gegensatz dazu stehen die Bodenverhältnisse unter gleichaltrigem Kiefernwald. Die Nadelstreu der Kiefern schloß jede Verbesserung des Bodens aus. Sie schuf einen Auflagetorf, unter dem der verdichtete Boden unbeeinflusst blieb. Die auf der Ville ohnehin relativ geringen Niederschläge werden vom Auflagetorf festgehalten und verdunsten unproduktiv. Die Produktion an Humussäuren erreicht nur in der Nadelstreu maximal 13,4 % des Gewichtsanteils und bleibt bereits in wenigen cm Tiefe unter 5 % (vgl. Tabelle 15 b im Anhang, Bodenprofil VI, VII, VIII, sowie Bodendiagramm [Fig. 14], Seite 71). In jeder Schicht überwiegen die Fulvosäuren (Rohhumus). Extrem schlecht sind die Sorptionsverhältnisse (vgl. Tabelle 16, i. Anhang). Der S-Wert liegt meist unter 10 mval, sogar teilweise unter 1 mval, und die Basensättigung (V) meist weit unter 10 % (siehe Tabelle 16, Boden VI, VII, VIII).

Es sollte also, wie es auch an manchen Stellen bereits geschehen ist, jeder Kiefernforst gelichtet und Laubhölzer untergepflanzt werden, um bessere Humusbildung und damit gute Sorptionsverhältnisse herbeizuführen. Die Bedeutung der organischen Substanz für die Verbesserung der physikalisch-chemischen Bodeneigenschaften (Wasserkapazität, Krümelstruktur, Nährstoffspeicherung, Wachstumsförderung der Jungpflanzen), fordert eine reichhaltige Laubstreu. Diese kann nicht in den dichten, dunklen und völlig bodenvegetationslosen

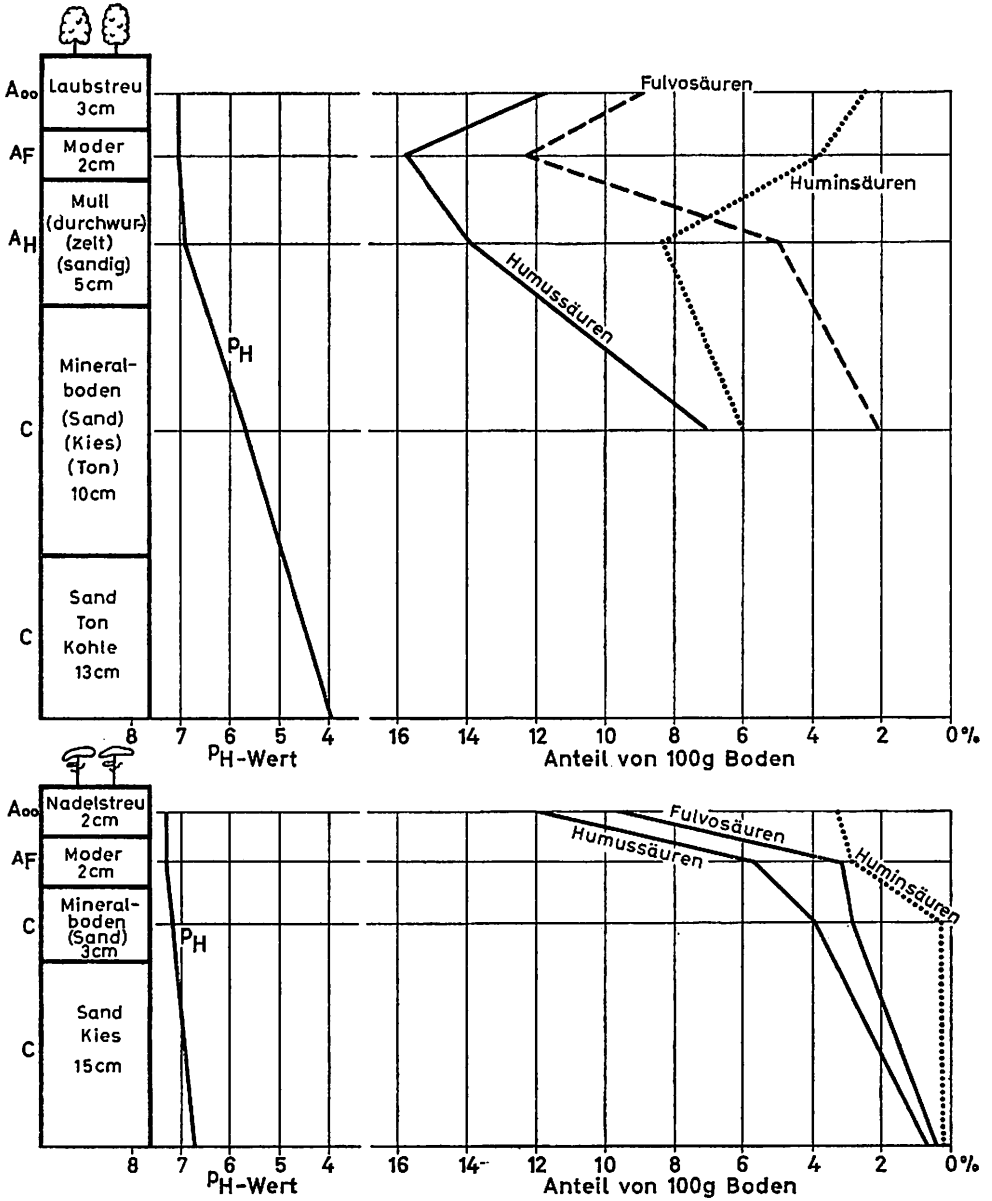


Fig. 14: Bodenprofile

Kiefernwäldern, sondern nur in Mischwäldern mit reicher Bodenflora erzielt werden.

c) Mikroklimatische Verhältnisse

Der Aufbau wertvoller Huminsäuren durch die Mikrolebewesen des Bodens wird durch eine reiche Bodenflora der Wälder gefördert. Diese kann jedoch nur bei günstigen mikroklimatischen Verhältnissen gedeihen. Solche herrschen in lichten Laubmischwäldern, in denen Lichtgenuß und Temperatenausgleich normal sind. Auch die Luftfeuchte und die Verdunstungsverhältnisse spielen eine große Rolle. In dieser Hinsicht erwiesen sich die Kiefernbestände wiederum als ungünstig für die Bodenbildung. Bei sehr dichtem Baumbestand betrug der Lichteinfall nur 6 % des Freilandlichtes, sodaß kaum ausreichende Helle für das Aufkommen von Moosen gegeben war. Höhere Pflanzen fehlten völlig. Die Lichtverhältnisse des Mischwaldes, mit 13 % des Freilandlichtes, ermöglichen noch eine reiche Bodenflora; dieser Wald verfügt über eine Schirmwirkung, die eine günstige Luftfeuchte gewährleistet.

Die Temperaturverhältnisse der rekultivierten Wälder wurden bei der Gegenüberstellung mit den offenen Geländeformen bereits erwähnt (vgl. Temperaturkurven 1—4 und Tabellen 5—14). Besonders auffallend waren die geringen Temperaturamplituden in den Wäldern, wodurch für Vegetation und Bodenbildung gute Voraussetzungen geschaffen wurden. Wieder erwiesen sich die Mischwälder (Eichen, Buchen, Ahorn, Lärchen) als überlegen, da in ihnen die geringsten Extremwerte gemessen wurden, während die lichten Pappel-Erlen-Kulturen der Ein- und Ausstrahlung stärker ausgesetzt waren.

Die Ermittlung der relativen Luftfeuchte durch den Assmann-Psychrometer ergab die höchste Luftfeuchte im Birken-Erlen-Sumpfwald (siehe Figur 4, Seite 40). Auch die dichten Kiefernwälder besaßen eine hohe Luftfeuchte. Ihnen folgten die Erlen-Pappel-Bestände. Die niedrigste Luftfeuchte innerhalb der Wälder wurde in den erwähnten Mischwäldern gemessen, da der Luftaustausch mit dem Freiland durch den lockeren Stand der hochstämmigen Bäume groß ist.

Mit Hilfe von Piche-Evaporimeter-Messungen konnten die Verdunstungsansprüche der verschiedenen Waldbestände getestet werden (siehe Figur 5, Seite 41). Diese ergaben ein ähnliches Bild: Den geringsten Verdunstungsanspruch zeigte der feuchte Wald (Erlen-Birken, Kiefern, Pappeln-Erlen). Wiederum wiesen die Mischwälder gute Mittelwerte auf. Diese bieten demnach in allen ökologischen Faktoren (Licht, Temperatur, Feuchte, Evaporation und Bodenbildung) die günstigsten Verhältnisse.

Die Windschutzwirkung der Wälder wurde bereits in den Windprofilen deutlich (siehe Figur 7, Seite 42). Eine ideal rekultivierte Landschaft würde einen harmonischen Wechsel von Ackerland und Wald aufweisen müssen, wie dies an der Luxemburger Straße, zwischen Brühl-Heide und Liblar, zu beobachten ist. Um die Begünstigung der Felder durch Windschutz genauer zu ermitteln, wurden die Windverhältnisse im Bereich eines ca. 8 m hohen Waldstreifens gemessen, der quer zur Hauptwindrichtung verläuft. Die Breite dieses Jungwaldes ist mit 80 m zu groß, um einen ausreichenden Windschutz auf

weitere Strecken zu ermöglichen, da — zumindest in belaubtem Zustand — die Durchblasbarkeit nicht ausreichend ist. So fallen während der Vegetationsperiode die Werte im Waldstreifen fast auf 0 m/sek ab, um schon nach 70 m im Lee die alte Stärke wieder zu erreichen (vgl. Kurve vom 6. 9. 1961, Figur 7, Seite 42). Besser ist die Schutzwirkung von Herbst bis Frühjahr, da der Waldstreifen dann durchblasen wird, sodaß die Windgeschwindigkeit im Bestand z. B. auf nur 4 m/sek abfällt, um erst nach 120 m im Lee die alte Stärke wieder zu erreichen (vgl. Kurve vom 5. 12. 1961). Um die günstige durchschnittliche Reichweite von 21 h (h = Höhe des Schutzstreifens) in belaubtem Zustand zu erreichen, dürfte ein Windschutzstreifen nur eine Breite von 35—40 m besitzen.

d) Natürliche Waldflora

Die Waldflora kennzeichnet vielfach die ökologischen Verhältnisse der rekultivierten Forsten. Das Zusammenwirken der verschiedensten genannten abiotischen Faktoren bestimmt die Waldflora, die wiederum von großer Bedeutung für Mikroklima, Wasserhaushalt und Bodenbildung ist.

Zunächst seien die jungen Pappelpflanzungen erwähnt. Diese sind von den gleichen Arten eingenommen wie die nicht rekultivierten Kiesflächen. Im ersten Jahr treten auf: *Tussilago farfara* L., *Hypericum perforatum* L., *Medicago lupulina* L.

Im zweiten Jahr kommen hinzu: *Potentilla reptans* L. und *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. Wenn die Anpflanzung der Pappeln nicht unmittelbar nach der Auskohlung beginnt, sondern der Boden einige Jahre brachliegt, wird die Aufforstung durch *Calamagrostis* sehr behindert. Nach der Anpflanzung dringen die Wurzeln dieses Grases mit verstärkter Intensität in den gelockerten Boden ein und ersticken oft noch zweijährige Pappeln.

Da die Bodenverhältnisse zwischen feinem und grobem Kies, trockenen und feuchten Böden wechseln, ist die Vegetation sehr uneinheitlich. An feuchten Stellen, die oberflächlich nicht immer zu erkennen sind, findet sich sofort *Juncus effusus* und *Juncus conglomeratus* ein. In der ersten Zeit nimmt die Vegetation durch Anflug und in Auswirkung der Bodenverbesserung weiter zu. Bald kommt *Sarothamnus scoparius* hinzu, von dem aber nicht immer sicher ist, ob er sich natürlich ansamt, oder eingesät wird. Wie alle Schmetterlingsblütler sammelt auch er Stickstoff, ebenso *Melilotus officinalis* (L.) Lam. (Steinklee), *Lotus corniculatus* L. (Hornklee) und *Medicago lupulina* L. (Hopfenklee). Folgende Pflanzen finden sich ein: *Plantago media* L., *Matricaria chamomilla* L., *Convolvulus arvensis* L., *Artemisia vulgaris* L., *Melandryum album* (Mill) Garcke, *Oenothera biennis* L., *Epilobium angustifolium* L., *Daucus carota* L., *Reseda luteola* L., *Potentilla anserina* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Equisetum ervense* L., *Tanacetum vulgare* L., *Phleum pratense* L., *Agrostis vulgaris* With., *Lolium perenne* L., *Lolium multiflorum* Lam., *Holcus lanatus* L., *Dactylos glomeratus* L., *Bromus erectus* Huds., *Bromus sterilis* L.

Mit zunehmender Beschattung gehen die Pflanzen zurück, sodaß schließlich im geschlossenen Pappel-Erlen-Wald nur noch *Calamagrostis* übrig bleibt. Diese

Verarmung der Bodenflora bedeutet allerdings keine Benachteiligung der Bodenbildung, da Erlen und Pappeln mit ihrer gemischten Laubstreu die Humifizierung selbst übernehmen. Sie werden vom organischen Material der absterbenden Pflanzen und dem verwesenden Wurzelgeflecht des Reitgrases darin unterstützt. Schaffen demnach schon die Pappelwälder relativ gute ökologische Bedingungen für die Bodenbildung, so sind in einigen Jahren noch leistungsfähigere Wälder zu erwarten. Dies sind die in letzter Zeit verstärkt angepflanzten Mischwälder, die den Boden allseits erschließen und eine gute Humusentwicklung hervorrufen werden, wie sie in den älteren Beständen analysiert wurden.

Die ökologisch schlechtesten Bedingungen wurden in den Kiefernwäldern ermittelt. So fehlen dort, abgesehen von vereinzelt auftretenden Moosen, alle Waldpflanzen. Diese sammeln sich erst nach der ersten Durchforstung an: Es sind: *Rubus spec.*, *Fragaria vesca* L., *Rubus idaeus* L., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Scrophularia nodosa* (L.) All., *Epilobium angustifolium* L., *Polygonatum multiflorum* L., *Brachypodium silvaticum* Huds. P. B., *Plantago lanceolata* L.

Diese geringe Bodenflora der Eichen-Birken-Wald-Fazies, die sich bereits in den neuen Kiefernforsten eingefunden hat, vermag jedoch den Boden noch nicht zu verbessern. Vielleicht gelingt dies im Laufe der Jahre den anfliegenden Birken, Espen, Ebereschen, Weiden und Robinien. Bei nochmaliger Durchforstung ist in letzter Zeit den Laubbäumen mehr Raum geschaffen worden und neben den angefliegenen Arten des früheren Eichen-Birken-Waldes noch Ahorn und Eiche angepflanzt worden.

Die ausgedehnten Robinienwälder bieten einen eigenartigen Anblick. Der lockere Bestand und die gefiederten Blätter lassen einen Großteil der Sonnenstrahlen auf den Waldboden gelangen. Dadurch entsteht eine überaus dichte Bodenflora, die jedoch nur aus rankenden und kletternden Pflanzen besteht. Vor allem *Clematis vitalba* überzieht große Bodenflächen und rankt bis in die höchsten Wipfel der Bäume. Auch *Hedera helix* bedeckt viele Baumstämme und Äste. Am Boden bilden Brombeeren und Heckenrosen ein undurchdringliches Dickicht. Nur in Robinienwäldern treten dichte Bestände hoher Holunder-Büsche (*Sambucus nigra* L.) auf.

Der nitrophile *Sambucus* findet im stickstoffangereicherten Wurzelraum der Robinien gute Wachstumsbedingungen, doch ist sein ausschließliches Vorkommen in Robinienwäldern nicht erklärbar. Die geringe Artenzahl der Waldflora könnte ihren Grund in der Anreicherung des Bodens mit den giftigen Stoffen Robin und Robinin ($C_{33}H_{40}O_{10}$) haben, die in Wurzeln, Rinden, Samen, Laub- und Blütenblättern enthalten sind (siehe HEGI, Bd. IV, 3). KNAPP (1954) berichtet ebenfalls von den sehr auffälligen Wirkungen der Robinie auf den Unterwuchs. Er fand in der Rinde Stoffe, die das Wachstum krautartiger Pflanzen ungünstig beeinflusst (vgl. besonders A. KOHLER 1963).

Die Vegetation der Mischwälder ist naturgemäß besonders artenreich. Sie enthält in den Lichtungen zwei seltene, wärmeliebende Pflanzen, die Mandel-Wolfmilch (*Euphorbia amygdaloides* L.) und die Wald-Platterbse (*Lathyrus*

silvester L.). *Euphorbia a.* wurde von KÜMMEL (1937) vom West- und Ost- rand des Vorgebirges als neue Art im Köln-Bonner Raum beschrieben. Diese Pflanze ist also inzwischen vom südlich gelegenen Vorgebirge ins ausgekohlte Revier vorgedrungen.

Weitere Pflanzen der Waldlichtungen sind: *Euphorbia cyparissias* L., *Brachipodium silvaticum* Huds. P. B., *Geum urbanum*, *Mentha arvensis* und *Campanula trachelium*, also bereits Pflanzen des Eichen-Hainbuchenwaldes. Neben einer reichhaltigen Moosflora (siehe Tabelle 18 im Anhang) tritt eine Fülle von Bodenpflanzen auf, die zu den Gesellschaften der Triften sowie des Eichen-Birken-Waldes gehören. Folgende Arten seien in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit genannt: *Lotus corniculatus* L., *Linum catharticum* L., *Hypericum perforatum* L., *Sarothamnus scoparius* (L.) Wimm ex Koch, *Erigeron canadensis* L., *Fragaria vesca* L., *Brunella vulgaris* L., *Thymus serpyllum* L., *Panicum ischumum* Hall, *Euphrasia cf stricta* Host, *Galinsoga parviflora* Cavan., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Convallaria majalis* L., *Viola silvatica* L., *Poa annua* L., *Poa pratense* L., *Poa nemoralis* L., *Lycopus europaeus* L., *Circaea luteciana* L., *Molinea coerulea* (L.) Moench, *Deschampsia caespitosa* (L.) P. B., *Hieracium pilosella* L., *Oenothera biennis* L.

Die Flechtenbesiedlung ist sehr gering. Nur auf ca. 30jährigen Pappeln treteten folgende Arten auf: *Physcia caesia* (Hoffm.) Hampe, *Physcia ascendens* Oliv. em. Bitt., *Physcia tenella* DC. em. Bitt., *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.

7. Voraussetzungen für landwirtschaftliche Rekultivierung

Im Bereich der Braunkohlenville stehen im Südrevier der landwirtschaftlichen Rekultivierung große Schwierigkeiten entgegen. Die im Gegensatz zur nördlichen Ville (Neurather Lösshöhen) hier nur geringen Lösslagen lohnten beim Abbau des Deckgebirges keine besondere Aushaltung. Finden auf den Mischböden die meisten Waldbäume nur schlechte Lebensbedingungen, so schien der Anbau von Feldkulturen aussichtslos. Trotzdem hat man die besten Mischböden in landwirtschaftliche Kultur zu nehmen versucht (vgl. Abb. 29). Diese Felder besitzen nur eine ca. 50 cm starke lehmig-sandige Oberschicht und sind von groben Kiesen durchsetzt. In den ersten Jahren konnten natürlich trotz starker Düngung nur Klee und Futterrüben angebaut werden. Inzwischen ist der Boden soweit humifiziert, daß auch Kartoffel und Getreide mäßige Erträge liefern. Im Dürresommer 1959 wurden nur ca. 10 %ige Ernten normaler Böden erzielt. Die einzige Möglichkeit wertvoller landwirtschaftlicher Rekultivierung ist mit Hilfe der mächtigen Lösslager gegeben, die im Nordrevier anstehen. Von Norden her, bis in den Raum Berrenrath, wird in den nächsten Jahren eine landwirtschaftliche Rekultivierung möglich sein, da durch die Nord-Süd-Bahn ein preisgünstiger Transport von Löss möglich ist. Im Nordrevier selbst, auf tiefgründigem Löss der Kippen, sind die landwirtschaftlichen Erträge nach den Untersuchungen von G. HEIDE (1954) und ENGELS-MATENA (1958) bei intensiver Bearbeitung und Düngung des Bodens zum Teil höher als auf den alten Lössböden. Die Überschüsse des abgebauten

Lößes aus dem Nordrevier werden auch zur Lößrekultivierung mittels eines in der Entwicklung befindlichen Spülverfahrens zu nutzen gesucht.

Bei der Schilderung der abiotischen Faktoren sowie der landschaftsökologischen Analyse der neu entstehenden Landschaft wurde bereits versucht, das Wechselwirkungsgefüge der einzelnen ökologischen Faktoren anzudeuten. In Ergänzung dessen, soll nun im Überblick eine zusammenfassende Synthese des neuen Landschaftsgefüges gegeben werden.

IV. Das Gefüge der gegenwärtigen Landschaft

1. Morphologische, edaphische und klimatische Faktoren für die Neulandschaftsbildung

Infolge der tiefen Eingriffe in die alte Landoberfläche ist morphologisch ein völlig neuartiges Gelände entstanden. Von der ursprünglichen Form ist im größten Teil der Ville nichts mehr erhalten (vgl. Profile im Anhang). Gegenüber der früher ebenen Hochfläche der Ville zeigt die neue Landschaft starke Reliefunterschiede. Dies gilt besonders für das Südrevier, wo einerseits der Abraum auf Kippen verschüttet wurde und andererseits viele Restlöcher erhalten blieben. Die früheren Wasserverhältnisse sind gestört; früher von der Ville herabfließende Bäche sind teils versiegt. Durch Grundwasser und zusammenfließendes Niederschlagswasser sind die Restlöcher der Tagebaue von Seen erfüllt worden. Es herrscht ein dauernder Wechsel von Senken, weiten Tiefenlagen und steilen Hängen, die zu kleinen und größeren Hochflächen führen. Auch das Geländeklima ist im Gegensatz zu dem der einheitlichen früheren waldbestandenen Flächen grundlegend geändert. In den tiefliegenden Senken fließt im Winterhalbjahr die Kaltluft zusammen, wodurch diese besonders frostgefährdet sind. Ebenso kommt es in den abgekühlten Mulden infolge Kondensation zu Nebelbildung. Im Sommer dagegen ist die Insolation auf den tiefliegenden Kohleböden sehr groß, sodaß die Flora extremen Klimabedingungen ausgesetzt ist.

Die vegetationslosen Böden weisen zahlreiche erosive Kleinformen auf, die mit Landformen aus trockenen, natürlicherweise vegetationsärmeren Klimabereichen verglichen werden können.

Die edaphischen Verhältnisse der Kohlenstaubböden und verkippten Mischböden wurden analysiert und ihrer ökologischen Ungunst für eine Neubesiedlung erkannt. Nur die Lößböden ermöglichen landwirtschaftlich ertragreiche Rekultivierung. Die übrigen Böden boten — vor allem auf den noch nicht rekultivierten Flächen — ausgezeichnete Beobachtungsmöglichkeit für die spontane Besiedlung durch zahlreiche Pflanzen und Tiere. Die landschaftsökologischen Gegebenheiten solcher vom Menschen unbeeinflussten Gebiete zu untersuchen, war besonders reizvoll, da neuer Siedlungsraum für Tier- und Pflanzenwelt nicht häufig zu beobachten ist. Es entwickelten sich trotz der edaphischen,

hydrologischen und klimatischen Ungunst der frei exponierten Standorte, zahlreiche Lebensgemeinschaften teils seltener Pflanzen und Tiere.

Man kann die verschiedensten, oft auf kleinem Raum wechselnden Ökotope feststellen: So die freien Kiesflächen verschiedener Höhenlage, entsprechend steile und hohe Kippenhänge, kohlenstaubbedeckte Tieflagen mit ihren weiten Temperaturamplituden; zahlreiche Seen an den tiefen Stellen des offenen Liegenden der Kohle, wie auch im Bereich der rekultivierten Forsten. Schließlich boten die unterschiedlichen Wälder in ihrer Bedeutung für die Bodenverbesserung Gelegenheit zu ökologisch vergleichender Betrachtung.

2. Die Seen und ihre Umwelt im neuen Landschaftshaushalt

Die Seen, als neues Landschaftselement der Ville, bieten zahlreichen Lebensgemeinschaften Entfaltungsmöglichkeiten. Es treten Pflanzen und Tiere auf, die früher nie in diesem Raum beobachtet werden konnten. Wasservögel in großer Zahl siedeln sich in den neuen Lebensräumen an und bringen aus entfernten Bereichen Tiere und Pflanzen mit. So läßt sich eine gegenseitige Beeinflussung der mannigfachen ökologischen Faktoren beobachten. Bemerkenswert ist das Wasser der Seen, das in Nährstoffgehalt, Härte und Temperatur ungewöhnliche Eigenschaften besitzt.

Es entsteht eine harmonische Wald-Seen-Landschaft, die nichts mehr von der früheren Zerstörung ahnen läßt. Die Seen bestimmen den Wasserhaushalt des gesamten Gebietes, da sich zu ihnen hin die Entwässerung vollzieht.

Das Geländeklima wird von den Seen beeinflußt. Die Temperaturen der Seeufer bleiben im Sommer infolge der tieferen Wassertemperatur und Verdunstungskälte unter dem der weiteren Umgebung. Da oft in unmittelbarer Nähe der Seen trockene Kies- und Kohlenböden anstehen, die durch Absorption der Insolationswärme die tiefere Lufttemperatur ausgleichen, gedeihen dort wärmeliebende Pflanzen. So kann an der Vegetation der Charakter des Ökotops abgelesen werden. Die ausgleichende Wirkung auf die Temperaturverhältnisse wurde in den Temperaturprofilen deutlich. Der nächtlichen Abkühlung in den Tieflagen wirkt die wärmere obere Wasserschicht entgegen.

3. Die Wälder im Gesamtbild der Landschaft

Die Wälder bestimmen ebenfalls weitgehend den Haushalt der neuen Landschaft. Dies konnte an der gelände- und mikroklimatischen Gegenüberstellung der tiefgelegenen, offenen Flächen und der anschließenden Wälder gezeigt werden (vgl. Temperaturkurven 1—4 im Anhang). Die zerstörte Landschaft der Ville, mit ihren, der Erosion unterliegenden Kippen, kohlenstaubbedeckten Tieflagen und wassererfüllten Restlöchern, mußten wieder in eine ökologisch gesunde Landschaft umgewandelt werden. Teilweise sorgte die Natur selbst für eine Wiederbelebung, aber die Pioniervegetation alleine hätte keine forstlich nutzbaren Wälder ermöglichen können. Nur eine planvolle Gestaltung kann eine wirtschaftlich wertvolle Landschaft aufbauen. Die auf den schlechten

Böden entstandenen rekultivierten Forsten können, trotz mancher Mangelercheinung sowie ihres Vorwaldcharakters, den Anspruch erheben, gesunde Wälder darzustellen. Fast alle edaphischen und klimatischen Nachteile einer vegetationslosen Fläche wurden durch sie ausgeschaltet. Die täglichen Temperaturamplituden sind gegenüber denen offener Flächen gering; Licht- und Windwirkung sind abgeschwächt.

Nach O. WEMPER (1952) kann der Wald auch einen großen Teil der Verunreinigungen aufhalten, die aus den Fabriken ausgeblasen werden. Der Wald ist imstande, 60 % der durch die Industrie verursachten Luftverunreinigungen aufzuhalten. Bereits diese Pionierwälder bieten heute mit ihren verschiedenen Baumarten einen angenehmen Wechsel des Landschaftsbildes. Sie gewähren zahlreichen Tieren und Pflanzen neuen Lebensraum. Die ursprünglich rohen Mineralböden wurden in zunehmendem Maße humifiziert, sodaß bereits heute eine Landschaft entstanden ist, die im gesamten Landschaftshaushalt bessere Verhältnisse aufweist als die ursprüngliche Waldlandschaft der Ville.

V. Die Bedeutung der ökologischen Untersuchungen für die planvolle Gestaltung der ausgekohlten Landschaft

Die vorliegenden Untersuchungen geben sowohl über die spontane, naturbedingte Landschaftsbildung der ausgekohlten Geländeformen, wie auch über die Rekultivierungsmöglichkeiten Auskunft. Die im Südevier neu entstandene Landschaft bietet ein Musterbeispiel für eine Verflechtung naturgegebener und menschlicher Landschaftsgestaltung. Die natürliche Wiederbesiedlung der leblosen Räume kann vom Menschen planvoll gelenkt werden, ohne den Naturhaushalt zu stören. Die edaphischen und geländeklimatischen Grundlagenuntersuchungen geben die Möglichkeit, ungünstige Geländeformen bei der Neugestaltung zu vermeiden. Die Stirnseiten von Hochkippen und Halden erwiesen sich als besonders wind- und erosionsgefährdet. Tieflagen werden zu Sammelbecken der Kaltluft und unterliegen bei starker Ein- und Ausstrahlung weiten Temperaturamplituden (vgl. Temperaturprofile). Zur Belebung der Landschaft und aus technischen Gründen der Abraumverteilung, kann und soll nicht auf ein wechselndes Bodenrelief verzichtet werden.

Der südlichste Teil des Reviers bietet ein besonders gutes Beispiel für ein reliefbedingtes, wechselvolles Landschaftsbild von Ackerland, Wäldern und Seen. Doch sollten die Hochlagen nicht das ursprüngliche Niveau der Ville-Hochfläche übersteigen, um eine ausgeglichene morphologische Geländeformung vor allem auch im Verbund mit den Randlandschaften zu gewährleisten. Bei rechtzeitiger, intensiver Begrünung und allmählichem, sanftem Böschungsabfall der Kippen zu den ausgekohlten Tieflagen und Seen hin, können landschaftlich und wirtschaftlich wertvolle Geländeformen geschaffen werden.

Die häufigen NW- und SW-Sturmlagen, mit oft erheblichen Niederschlägen, fordern eine sofortige Begrünung aller Kippenstandorte, um Bodenerosion und Bodenverdichtung zu verhindern. Auch muß auf die Anlage von Windschutz-

hecken und Waldstreifen geachtet werden, über deren günstige Breite und Zusammensetzung Untersuchungen laufen. Solche Windschutzstreifen dienen nicht nur der Verhinderung deflativer Erosion, sondern auch der Verdunstungsminderung. Auch die Temperaturamplituden werden auf diese Weise gedämpft. Zudem bieten Windschutzhecken zahlreichen Vögeln (Grasmücken, Amseln, Fitislaubsängern, Heckenbraunellen, Meisen, Neuntöttern etc.) Nistmöglichkeit. Die Vögel sind zur biologischen Schädlingsbekämpfung von großer Bedeutung (vgl. U. TISCHLER 1951, 1955). Innerhalb der neuen Kulturlandschaft bilden die Hecken und Windschutzstreifen eigene Lebensräume mit einer Lebensgemeinschaft zahlreicher Pflanzen und Tiere sowohl des Waldes als auch der Gras- und Feldfluren. „*Sie bringen einen biologischen Ausgleich in die einseitige und verarmte Besiedlung der antropogenen Biotope.*“ (U. TISCHLER 1951). Außer der Belebung des ausgekohnten Geländes mit fließenden Gewässern sollte auch auf die Anlage von Seen nicht verzichtet werden, die besonders im Bereich landwirtschaftlich rekultivierter Flächen eine Bereicherung des Landschaftshaushaltes darstellen (G. DARMER 1962).

Aus den edaphischen und mikroklimatischen Untersuchungen ergab sich, daß die forstliche Rekultivierung möglichst mit einer artenreichen Pflanzengemeinschaft aus Bäumen, Sträuchern, Gräsern und Wasserpflanzen vorgenommen werden sollte, um in mehreren Jahren schon einen bodenverbessernden Mischwald entstehen zu lassen.

Über die Voraussetzungen zur landwirtschaftlichen Rekultivierung liegen genügend Arbeiten vor, sodaß hier auf eine weitere Darstellung verzichtet werden kann.

Es war nicht die Absicht der vorliegenden Arbeit, in die Rekultivierungsplanungen einzugreifen, doch legten die ökologischen Untersuchungen gewisse Mindestforderungen an einen gesunden Landschaftshaushalt nahe, die im Zuge der Rekultivierungsarbeiten beachtet werden sollten. Das Ergebnis der augenblicklichen, planvollen Rekultivierung wird sein, nach dem Vorbild einer wechselvollen Landschaft, wie sie im südlichsten Teil des Reviers zum Teil naturbedingt entstanden ist, bei den günstigeren Bodenverhältnissen im Norden ein harmonisches, ausgeglichenes Landschaftsgefüge mit Siedlungen, Ackerland, Wäldern und Seen herbeizuführen.

C. Der Landschaftswandel im Braunkohlenrevier in Rückblick und Ausblick

Am Beispiel des südlichsten Teiles des Rheinischen Braunkohlenreviers auf der Ville wurden die landschaftsökologischen Verhältnisse der Vorbergbaulandschaft, der zerstörten Landformen sowie der neu entstehenden Landschaft, untersucht. Dort waren geographisch vielseitige Beobachtungen möglich. Alle landschaftsbestimmenden Faktoren konnten in ihrem Wandel und ihrer Bedeutung für den Neuaufbau der Landschaft analysiert werden. Die landschaftsökologische Synthese ergab eine große Zahl wechselvoller Ökotope, in denen zum Teil das biologische Gleichgewicht schon erreicht ist. Tiere und Pflanzen

besiedeln spontan die unbelebten Geländeformen, und der Mensch greift in die Gestaltung der Landschaft planvoll ein.

So ist im Süden des Reviers heute eine Rekultivierung mit überwiegend forstlichen Mitteln erreicht. Es ist eine Landschaft entstanden, die auf den Landschaftsökologen einen einigermaßen harmonischen Eindruck macht. Im Norden werden großräumigere landschaftliche Rekultivierungen möglich sein. Dort sind heute die Umwälzungen des Landschaftsbildes schon weitaus größer. Aus dem Bereich der waldbedeckten Braunkohlenville dringt der Kohlenabbau immer weiter in den Bereich der Lößplateaus vor. Die Abraummengen wertvollen Lößes werden größer, die Flöze mächtiger, sodaß große Teile der späteren rekultivierten Landschaft beträchtlich tiefer liegen werden als das ursprüngliche Niveau. Daneben ragen die angeschütteten „Löß-Tafelberge“ auf, die durch den großen Lößanfall und das Fehlen auszufüllender Restflächen notwendig wurden. So ist das Landschaftsbild des Nordens von dem des Südeviers sehr verschieden.

Schließlich sind die Auswirkungen der Tieftagebaue, die im Bördenland westlich der Erft geplant sind, in ihren großen Ausmaßen noch nicht abzusehen.

Summary:—Studies on Landscape Ecology in the Cologne-Lignite-District of the Ville-Horst

It is a somewhat rare opportunity to study landscape ecology in a rapidly changing landscape, as is the case with the Cologne-Lignite-Region of the Ville-Horst. Only an adequately detailed analysis of the various ecotopes with respect to soil, microclimate, plants and animals renders the insight into the sequence of the biotic successions possible.

The complete form families of fluvatile erosion can be observed en miniature on the bare slopes of the artificial hills with their earth-pyramids, ravines and landslips. Especially the moist soil that consists mainly of coal-dust favours the formation of needle ice, often in a stripy alineation due to wind action (Windgestreifter Auffrierboden, TROLL 1944).

The abiotic factors,—extreme edaphic and microclimatic conditions with daily amplitudes of more than 40° C and the possibility of frost almost all over the year—render the development of a new vegetation rather difficult. Nevertheless there is a spontaneous, quickly proceeding settlement by various plants. The ecotopes are continually changing; there are successions not only of plantassociations but of whole sites.

With respect to landscape ecology, the various new lakes are especially important. They influence the ecoclimate and the distribution of soil-water and provide a new place for many plants and animals. Thus we have the complete successions of waterplants; associations come into existence that were unknown in the pre-industrial landscape.

Animals quickly occupy these free places that are a rare exception in the present day industrialised landscape. In these newly developing ecotopes several animals hitherto unknown in this part of Germany are found, e. g. the common gull.

The study and description of the landscape ecology is concerning the natural ecotopes and their biocoenoses as well as the agriculturally and forestially recultivated parts of the Rhenish Lignite Region.

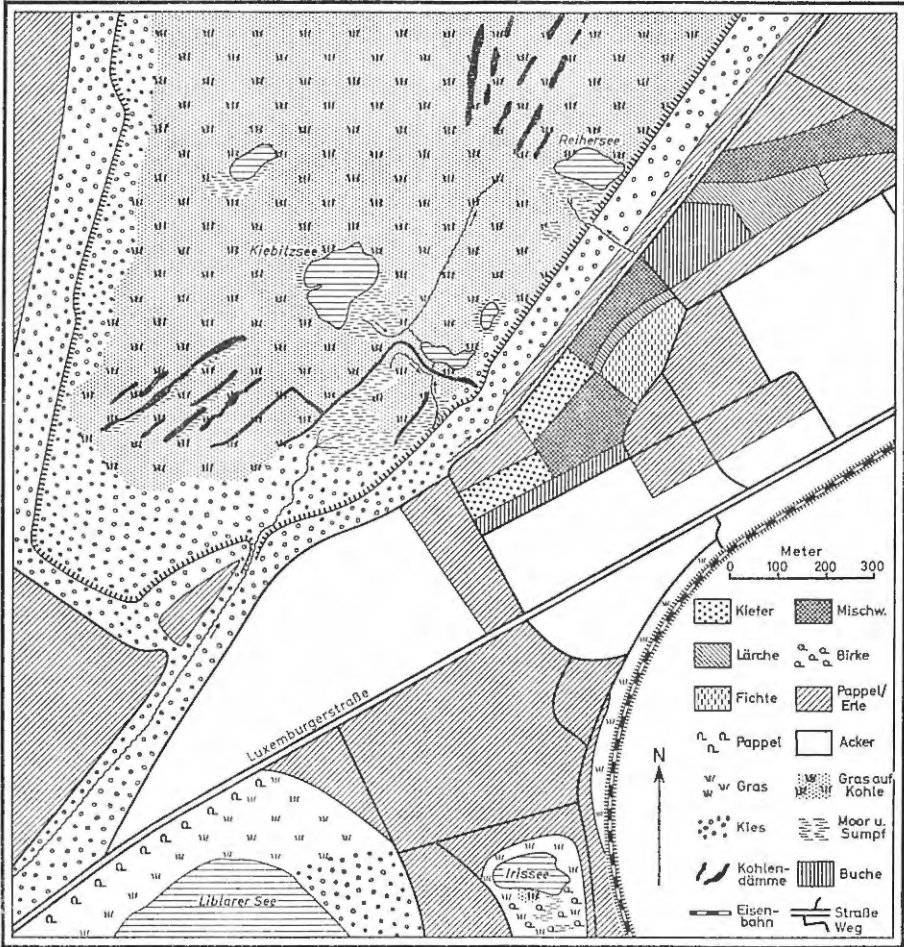
Literaturverzeichnis

- BARTHEL, H., Über einige Ergebnisse geographischer Forschung im mitteldeutschen Braunkohlengebiet. in: *Wiss. Zeitschr. d. K. Marx Univ., Leipzig 1955/56.*
— Braunkohlenbergbau und Landschaftsdynamik, Petermanns Mitt. Erg. Heft 1962.
- BARTSCH, K., Moosflora, Stuttgart 1949.
- BOEKER, P., Basenversorgung und Humusgehalte von Böden der Pflanzengesellschaften des Grünlandes. *Decheniana, Beiheft 4, Bonn 1957.*
- Die Niederrheinische Braunkohlenformation. Ein Symposium, Krefeld 1958.
- BREDDIN, H., Die Hauptflözgruppe im Rheinischen Braunkohlenrevier. in: *Zeitschr. Braunkohle, Jahrg. 1950.*
- CLEEF, O., Die Einebnung und Wiederrurbarmachung von Tagebauen und Halden der Braunkohlengruben des Vorgebirges bei Köln. in: *Zeitschr. f. d. Berg- und Hüttenwesen, Jahrg. 1929.*
- COPIEN, J. H., Über die Möglichkeit einer landwirtschaftlichen Nutzung der Abraumhalden und -kippen. in: *Zeitschr. Braunkohle, Jahrg. 1950.*
- DARMER, G. und BAUER, H. J., Die Bedeutung ökologischer Grundlagenforschung für eine planvolle Landschaftsgestaltung. Jahresbericht über den Forschungsauftrag des Ministeriums für E. L. F. Manuskript, Hannover 1962.
- Deutscher Braunkohlen-Industrie-Verein e. V. 1885—1960, Köln 1960.
- Deutsches Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung, Weinheim 1954.
- ELLSCHIED, CL., Das Vorgebirge, *Verh. d. nat.-hist. Vereins d. Rheinl. u. Westf., Bd. 85, 1928.*
- ENGELS-MATENA, H., Die physikalisch-chemischen Bodenverhältnisse und die Erträge rekultivierter Lößböden und ihre Beeinflussung durch ackerbauliche Maßnahmen, Bonn, Diss. 1958.
- FLAIG, W., Zur Grundlagenforschung auf dem Gebiet des Humus und der Bodenfruchtbarkeit. in: *Arbeitsgemeinschaft f. Forschung, Heft 60, Köln 1956.*
- FLIEGEL, G., Das Grundwasser und sein Wiederanstieg im rhein. Braunkohlenbecken, Berlin 1935.
- GAMS, H., Die Moos- und Farnpflanzen, Stuttgart 1957.
- GEIGER, R., Das Klima der bodennahen Luftschicht, Braunschweig 1961.
- GESSNER, F., Hydro-Botanik, Berlin 1950.
- HEGI, G., *Illustrierte Flora von Mitteleuropa, München o. J.*
- HEIDE, G., Die bodenkundlichen Voraussetzungen für die landwirtschaftliche Rekultivierung der Braunkohlentagebaue in der Vile, Diss. Bonn 1954.
- HERRMANN, F., *Flora von Nord- und Mitteleuropa, Stuttgart 1956.*
- HERRMANN, R., *Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (Methodenbuch).*
- HÖLTE, W., Fragen um die Flugstaubsedimentation im Ostteil des rheinischen Braunkohlengebietes, Bochum 1957.
- HUNDHAUSEN, K., Untersuchungen zur Frage der Wiederkultivierung im rheinischen Braunkohlenrevier, Diss. Bonn 1935.
- JUX, U. und PFLUG, D., Zur Geologie und Technologie der Braunkohle in der Niederrheinischen Bucht. in: *Zeitschr. Braunkohle 1957.*

- KNABE, W., Zur Wiederurbarmachung im Braunkohlenbergbau, Berlin 1959.
- KNAPP, R., Experimentelle Soziologie der höheren Pflanzen, Stuttgart 1954.
- KRUMME, O., Frost und Schnee in ihrer Wirkung auf den Boden im Hochtaunus, Rhein-Main-Forschungen, Frankfurt 1935.
- KÖHLER, H., Der Landkreis Bergheim, Ratingen 1954.
- Das Braunkohlengebiet am linken Niederrhein, Ber. z. dt. Landeskunde, Bd. 18, Remagen 1957.
- KOHLER, A., Zum pflanzengeographischen Verhalten der Robinie in Deutschland. in: Beitr. naturk. Forsch. SW-Deutschland, Bd. XXII, 1963.
- KRÜDENER, A. VON, Atlas standortkennzeichnender Pflanzen, Berlin 1941.
- KÜMMEL, K., Euphorbia amygdaloides L. im Vorgebirge. in: Decheniana 95 b, Bonn 1937.
- Erläuterungen zur pflanzensoziologischen Übersichtskarte des Landkreises Köln, Bonn 1953.
- LAATSCH, W., Dynamik der deutschen Acker- und Waldböden, Dresden 1938.
- LUNDEGARDH, H., Klima und Boden, Jena 1957.
- MÖNKEMEYER, W., Die Laubmoose Europas. in: Rabenhorsts, L.: Kryptogamen-Flora, Bd. IV, Leipzig 1927.
- MÜLLER-MINY, H., Die linksrheinischen Gartenbaufluren der südlichen Kölner Bucht, Leipzig 1940.
- NEEF, E. u. a., Landschaftsökologische Untersuchungen an verschiedenen Physiotopen in Nordwestsachsen, Abh. d. sächsischen Akademie der Wiss. zu Leipzig, Bd. 47, Heft 1, 1961.
- OBERDORFFER, E., Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Südwest-Deutschland und angrenzende Gebiete, Stuttgart 1949.
- PAFFEN, K. H., Die natürliche Landschaft und ihre räumliche Gliederung. Eine methodische Untersuchung am Beispiel der Mittel- und Niederrheinlande, Forschungen z. dt. Landeskunde, Bd. 68, 1953.
- Die Ville. in: Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands.
- PELTZ, W. und QUITZOW, H. W., Die Bruchtektonik des Braunkohlengebietes der Ville nach neueren Bohrergebnissen, Geol. Jahrb., Bd. 69, 1954.
- PETZOLD, H., Die Wiederurbarmachung der Kippen und Halden im Senftenberger Braunkohlenrevier, (Vorträge, zusammengestellt von H. Petzold), Cottbus 1955.
- PRUSKOWSKI, P., Eiszeitliche Bodenfrostdbildungen im Deckgebirge der rheinischen Braunkohle. in: Beiträge zur Rheinkunde. Rheinisches Museum e. V., Koblenz 1954.
- RUBNER, K., Die pflanzengeographisch-ökologischen Grundlagen des Waldbaues, Radebeul 1953.
- RUTTNER, F., Grundriß der Limnologie, Berlin 1952.
- SCHAEFFER-SCHACHTSCHABEL, Lehrbuch der Agrikulturchemie, I. Teil, Bodenkunde, Stuttgart 1960.
- SCHMITHÜSEN, J., Allgemeine Vegetationsgeographie, Berlin 1959.
- SCHNEIDER, S., Braunkohlenbergbau über Tage im Luftbild dargestellt am Beispiel des Kölner Braunkohlenreviers, Remagen 1957.
- SCHWARZBACH, M., Das Rheinland zur Braunkohlenzeit, Kölner Geol. Hefte 3, 1952.
- THIENEMANN, A., Die Binnengewässer in Natur und Kultur, Berlin 1955.
- THOMSON, P. W., Die Entstehung von Braunkohlenflözen auf Grund von mikropaläontologischen Untersuchungen. in: Zeitschr. Braunkohle, 1950.
- THOMSON, P. W. und GREBE, H., Zur Gliederung des tertiären Deckgebirges der rhein. Braunkohle im südl. u. mittl. Teil der Ville- und Erftscholle auf mikropaläontologischer Grundlage. in: Zeitschr. Braunkohle, 1953.

- TILLEY, PH. D., Die Ville and its Setting, Diss. Bonn 1955.
- TISCHLER, W., Die Hecke als Lebensraum für Pflanzen und Tiere, unter besonderer Berücksichtigung ihrer Schädlinge. in: Zeitschr. Erdkunde 5, Bonn 1951.
- Synökologie der Landtiere, Stuttgart 1955.
- TROLL, C., Strukturböden, Solifluktion und Frostklimare der Erde. in: Geol. Rundschau, Klimaheft 1944.
- Die geographische Landschaft und ihre Erforschung. in: Studium Generale 1950.
- Tiefenerosion, Seitenerosion und Akkumulation der Flüsse im fluvioglazialen und periglazialen Bereich. in: Machatschek-Festschrift, Petermanns Mitt., Ergänzungsheft 262, 1957.
- UHRIG, H., Landschaft, Leben und Lebensgemeinschaften des Auenabschnittes im Mündungsgebiet der Sieg, Diss. Bonn.
- Die Lebensstätten der Siegniederung. in: Heimatblätter des Siegkreises, 26. Jahrg., Heft 71, 1958.
- WEISCHET, W., Die Geländeklimare der niederrheinischen Bucht und ihrer Rahmenlandschaften, Münchener Geogr. Hefte, 8, 1955.
- WEMPER, O., Kippenaufforstungen im Kölner Braunkohlengebiet. in: Pappelwirtschaft, Heft 3, Bonn 1952.

Karte 3 Übersichtskarte des ausgekohlten Tagebaues VEREINIGTE VILLE bei Liblar



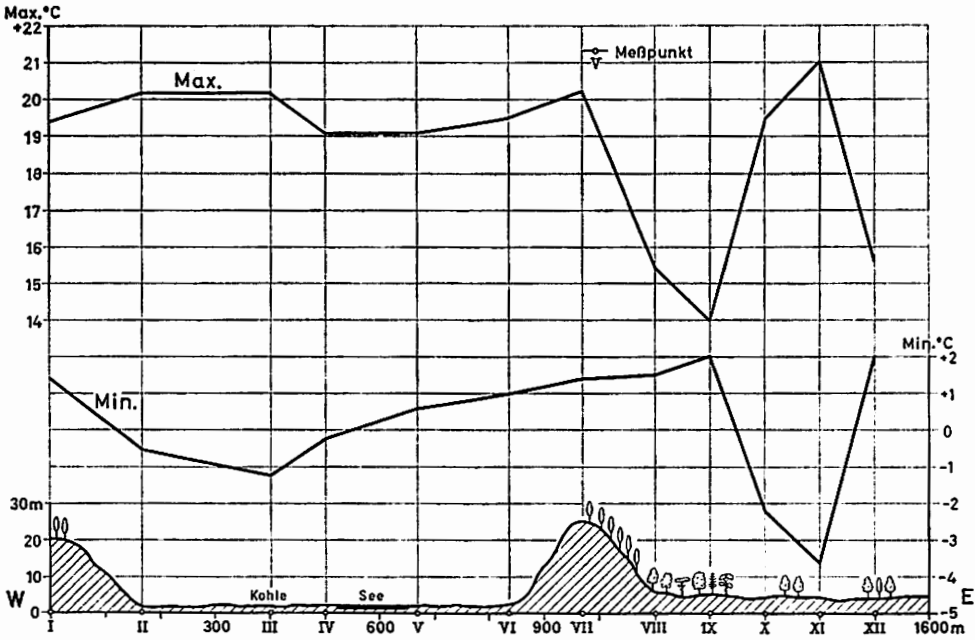


Fig. 15: Temperaturkurve 1, 29.—30. 5. 1961
 Warme Mittelmeerluft über maritimer Polarluft, Tagesmitteltemperatur unter normal,
 trotz Erwärmung am 30. 5.

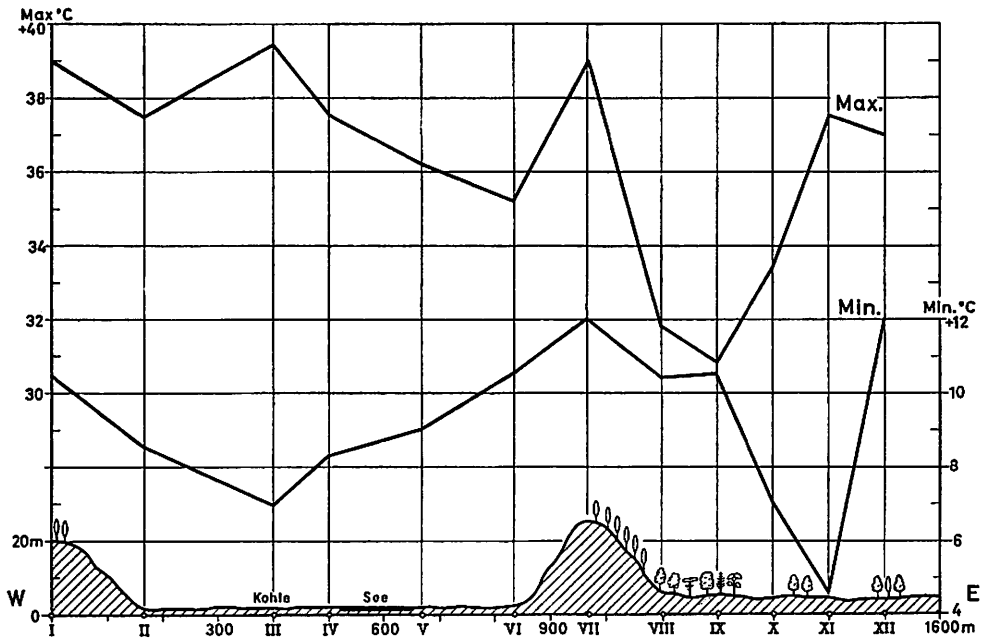


Fig. 16: Temperaturkurve 2, 25.—26. 6. 1961
 Zonale Hochdruckbrücke über Mitteleuropa. Atlantisches Subtropenhoch. Mitteltemperatur über normal, Minimum unter 10° C.

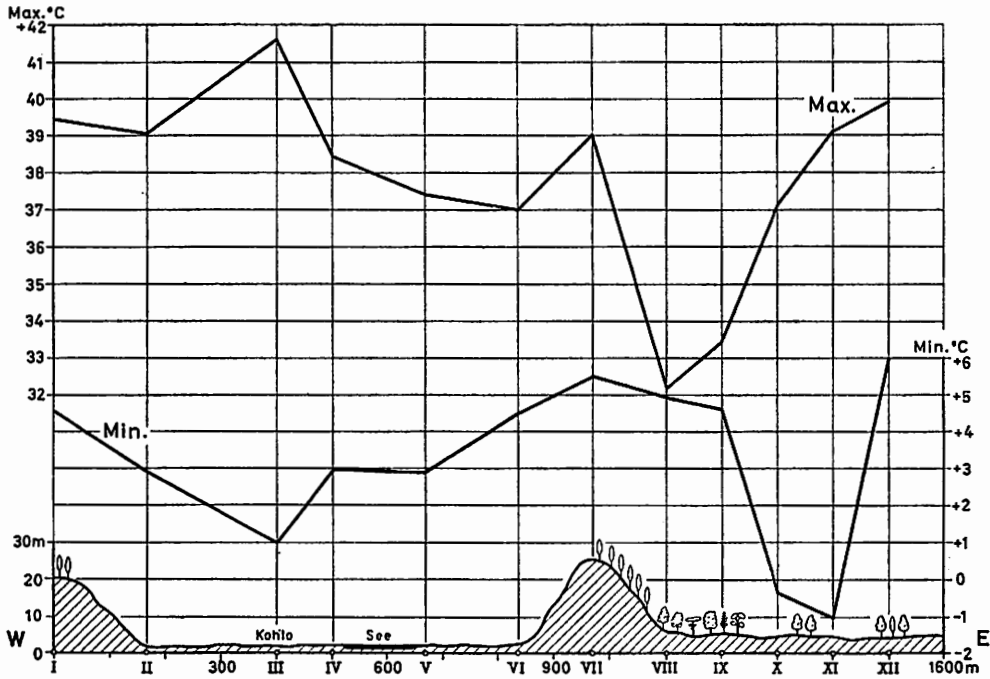


Fig. 17: Temperaturkurve 3, 1.—11.7.1961
 Hoch Mitteleuropa, warme Festlandluft; übernormale Temperaturen. Ab 3.7. zyklonale
 NW-Lage mit maritimer Polarluft.

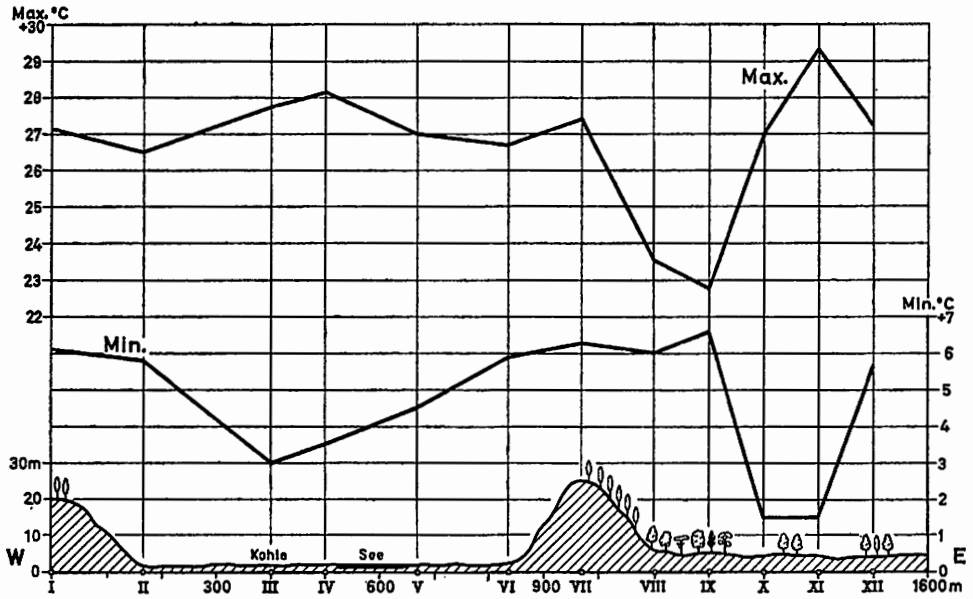


Fig. 18: Temperaturkurve 4, 9.—13. 10. 1961

Antizyklonale SW-Lage; anfangs kühle, dann milde Meeresluft. Warmluftadvektion aus SW.

0

Tabelle 5: Extremtemperaturen (in °C)

Zeitraum	Therm. Nr.	Temp. Max.	Temp. Min.	Amplitude
1. 2.—5. 2. 1961	1	10,6	— 9,1	19,7
	2	11,9	— 11,0	22,9
	3	11,5	— 11,1	22,6
	4	11,1	— 11,8	22,9
	5	10,6	— 11,4	22,0
	6	10,5	— 10,4	20,9
	7	10,2	— 6,9	17,1
25. 2.—5. 3. 1961	1	18,5	— 3,2	21,7
	2	19,5	— 5,1	24,6
	3	19,5	— 7,9	27,4
	4	18,2	— 5,6	23,8
	5	18,0	— 5,2	23,2
	6	20,0	— 4,4	24,4
	7	18,6	— 2,9	21,5
13. 3.—16. 3. 1961	1	20,1	+ 1,0	19,1
	2	22,3	— 0,5	22,8
	3	22,0	— 2,5	24,5
	4	20,6	— 1,0	21,6
	5	20,2	— 1,1	21,3
	6	22,5	+ 0,3	22,2
	7	20,4	+ 1,5	18,9

Tabelle 6: Extremtemperaturen (in °C)

Zeitraum	Therm. Nr.	Temp. Max.	Temp. Min.	Amplitude
17. 3.—19. 3. 1961	1	26,0	+ 0,4	25,6
	2	27,3	— 2,1	29,3
	3	27,8	— 4,5	32,4
	4	26,0	— 2,4	28,4
	5	25,0	— 2,0	27,0
	6	27,6	— 1,8	29,4
	7	26,1	+ 1,1	25,0
25. 3.—26. 3. 1961	1	14,9	0,0	14,9
	2	15,1	— 3,2	18,3
	3	15,2	— 3,5	18,7
	4	14,9	— 1,9	16,8
	5	13,5	— 2,0	15,5
	6	15,0	— 2,5	17,5
	7	14,1	+ 1,0	13,1
	8	14,9	— 3,0	17,9
	9		— 1,5	
	10		— 4,5	

Tabelle 7: Extremtemperaturen (in °C)

Zeitraum	Therm. Nr.	Temp. Max.	Temp. Min.	Amplitude
27. 3.—1. 4. 1961	1	13,5	— 2,6	16,1
	2	14,1	— 2,8	16,9
	3	14,6	— 3,0	17,6
	4	14,2	— 2,4	16,6
	5	13,0	— 2,0	15,0
	6	15,0	— 3,5	18,5
	7	14,0	— 2,1	16,1
	8	16,5	— 4,4	20,9
	9		— 4,0	
	10		— 6,6	
2. 4.—13. 4. 1961	1	26,0	+ 0,6	25,4
	2	27,2	— 2,0	29,2
	3	27,8	— 2,0	29,8
	4	26,0	— 0,4	26,4
	5	26,1	— 0,6	26,7
	6	27,2	— 1,9	28,1
	7	25,9	+ 1,0	24,9
	8	28,6	— 1,0	29,6
	9		— 0,5	
	10		— 3,2	

Tabelle 8: Extremtemperaturen (in °C)

Zeitraum	Therm. Nr.	Temp. Max.	Temp. Min.	Amplitude
14. 4.—21. 4. 1961	1	25,5	+ 4,7	20,8
	2	27,0	+ 2,9	24,1
	3	26,2	+ 2,8	23,4
	4	24,3	+ 4,2	20,1
	5	24,5	+ 4,2	20,3
	6	26,0	+ 2,5	23,5
	7	25,5	+ 4,9	20,6
	8	28,0	+ 4,1	23,9
	9		+ 4,5	
	10		+ 0,6	
11. 5.—17. 5. 1961	1	25,8	+ 1,4	24,4
	2	27,3	— 0,5	27,8
	3	26,8	— 2,0	28,8
	4	24,2	0,0	24,2
	5	23,5	0,0	23,5
	6	25,0	— 1,5	25,5
	7	26,0	+ 1,5	24,2
	8	27,1	+ 1,5	25,6
	9		+ 2,0	
	10		— 2,6	

Tabelle 9: Extremtemperaturen (in °C)

Zeitraum	Therm. Nr.	Temp. Max.	Temp. Min.	Amplitude
18. 5.—29. 5. 1961	1	27,6	+ 0,5	27,1
	2	29,0	0,0	29,0
	3	28,6	— 2,0	30,6
	4	27,0	— 0,5	27,0
	5	26,5	— 0,1	26,6
	6	28,5	— 0,1	28,6
	7	30,5	+ 0,4	30,4
	8	27,6	+ 0,5	27,1
	9	26,7	0,0	26,7
	10	26,9	— 2,4	28,9
	11	31,0	— 3,4	34,4
	12	27,3	+ 1,4	25,9
29. 5.—30. 5. 1961	1	19,4	+ 1,4	18,0
	2	20,2	— 0,5	20,7
	3	20,2	— 1,2	21,4
	4	19,1	— 0,2	19,3
	5	19,1	+ 0,6	18,5
	6	19,5	+ 1,0	18,5
	7	20,2	+ 1,4	18,8
	8	15,4	+ 1,5	13,4
	9	14,0	+ 2,0	12,0
	10	19,5	— 2,2	21,7
	11	21,0	— 3,6	24,6
	12	15,6	+ 2,0	13,2

Tabelle 10: Extremtemperaturen (in °C)

Zeitraum	Therm. Nr.	Temp. Max.	Temp. Min.	Amplitude
9. 6.—23. 6. 1961	1	33,5	+ 3,1	30,4
	2	31,4	+ 2,0	29,4
	3	33,1	+ 0,4	32,7
	4	32,6	+ 1,0	31,6
	5	29,9	+ 3,4	26,5
	6	32,0	+ 2,1	29,9
	7	35,5	+ 3,9	31,6
	8	27,8	+ 3,6	24,3
	9	25,4	+ 3,6	21,8
	10	30,5	0,0	30,5
	11	33,5	— 0,5	34,0
	12	31,9	+ 5,0	26,9
23. 6.—24. 6. 1961	1	35,5	9,5	26,0
	2	34,1	7,8	26,4
	3	36,0	6,5	29,5
	4	33,7	7,6	26,1
	5	32,6	8,4	24,2
	6	35,5	9,6	25,9
	7	33,0	10,5	22,5
	8	30,5	9,5	21,0
	9	29,0	10,0	19,0
	10	31,5	6,0	25,0
	11	36,1	3,5	32,6
	12	36,6	11,0	26,2

Tabelle 11: Extremtemperaturen (in ° C)

Zeitraum	Therm. Nr.	Temp. Max.	Temp. Min.	Amplitude
25. 6.—26. 6. 1961	1	39,0	10,4	28,6
	2	37,5	8,5	29,0
	3	39,4	6,9	32,9
	4	37,5	8,2	29,3
	5	36,2	8,9	27,3
	6	35,2	10,5	24,7
	7	39,0	12,0	27,0
	8	31,7	10,4	21,3
	9	30,8	10,5	20,3
	10	34,4	7,0	27,4
	11	37,5	4,6	32,9
	12	37,0	12,0	25,0
26. 6.—27. 6. 1961	1	31,1	6,0	25,1
	2	32,0	5,2	26,8
	3	33,6	2,0	31,6
	4	31,0	4,0	27,0
	5	30,4	5,6	24,9
	6	28,6	7,1	23,0
	7	33,3	5,6	26,2
	8	26,1	6,9	19,2
	9	27,5	7,2	20,3
	10	29,7	1,9	27,8
	11	33,1	1,3	31,8
	12	31,8	7,9	23,9

Tabelle 12: Extremtemperaturen (in ° C)

Zeitraum	Therm. Nr.	Temp. Max.	Temp. Min.	Amplitude
1. 7.—11. 7. 1961	1	39,5	4,6	34,9
	2	39,1	3,0	36,1
	3	41,6	1,1	40,5
	4	38,5	3,0	35,5
	5	37,5	2,9	34,6
	6	36,1	4,5	31,6
	7	39,1	5,5	33,9
	8	32,2	4,9	27,3
	9	33,5	4,6	28,9
	10	37,2	— 0,4	37,6
	11	39,2	— 1,0	40,2
	12	40,0	6,0	34,0
18. 7.—25. 7. 1961	1	29,0	5,5	23,5
	2	29,5	3,5	26,0
	3	30,5	2,6	27,9
	4	28,5	3,5	25,0
	5	28,4	5,0	23,4
	6	27,6	6,0	21,6
	7	29,5	6,0	23,5
	8	24,0	6,5	17,5
	9	22,8	7,5	15,3
	10	29,5	2,0	27,5
	11	29,5	1,4	28,1
	12	26,4	7,4	19,0

Tabelle 13: Extremtemperaturen (in °C)

Zeitraum	Therm. Nr.	Temp. Max.	Temp. Min.	Amplitude
6. 8.—20. 8. 1961	1	30,9	3,5	27,4
	2	30,5	3,4	27,1
	3	32,0	3,1	28,9
	4	31,6	4,1	26,5
	5	31,1	4,2	26,9
	6	30,5	4,1	26,4
	7	32,5	6,9	25,6
	8	27,0	6,4	20,6
	9	27,6	7,0	20,6
	10	32,0	2,0	30,0
	11	34,5	1,5	33,0
	12	32,0	7,6	24,4
9. 10.—13. 10. 1961	1	27,1	6,1	21,0
	2	26,5	5,8	20,7
	3	27,7	3,0	24,7
	4	28,1	3,5	24,6
	5	27,0	4,5	22,5
	6	26,7	5,9	20,8
	7	27,3	6,3	21,0
	8	23,5	6,0	17,5
	9	22,8	6,6	16,2
	10	27,1	1,5	25,9
	11	29,4	1,5	27,9
	12	27,3	5,6	21,7

Tabelle 14: Extremtemperaturen (in °C)

Zeitraum	Therm. Nr.	Temp. Max.	Temp. Min.	Amplitude
14. 10.—16. 10. 1961	1	22,0	+ 2,0	20,0
	2	22,2	— 1,9	24,1
	3	22,6	— 2,5	25,1
	4	22,8	— 0,6	23,4
	5	22,6	— 0,6	23,2
	6	21,5	+ 0,4	21,1
	7	22,1	+ 2,6	19,5
	8	18,5	+ 2,0	15,5
	9	18,0	+ 2,0	15,0
	10	20,8	— 2,0	22,8
	11	23,2	— 2,5	26,0
	12	22,2	+ 1,5	20,7
1. 11.—11. 11. 1961	1	16,0	— 3,6	19,6
	2	17,0	— 6,5	23,5
	3	15,0	— 7,2	22,2
	4	16,1	— 5,5	21,6
	5	17,1	— 5,0	22,1
	6	16,7	— 3,9	20,6
	7	16,2	— 4,2	20,4
	8	14,0	— 4,5	18,5
	9	13,7	— 3,4	16,8
	10	17,0	— 8,1	25,1
	11	16,5	— 8,5	25,1
	12	14,5	— 4,5	19,0

Tabelle 15 a: Böden unter 30jährigem Wald

Nr.	Boden	in % des Bodens (0,5 mm Korngröße)					
		pH	KCl	H ₂ O	org. S.	Humuss.	Humins.
I. Laubwald							
1	Laubstreu 3 cm	7,0	7,5	65,3	11,5	2,8	9,1
2	Moder mit Pilzhyphen 2 cm	7,0	7,7	68,1	15,6	3,2	12,4
3	sandig-lehmig, durchwurzelt 5 cm	7,2	7,7	21,0	13,9	9,0	4,9
4	Kies mit Tonlinsen	5,7	5,9	17,7	7,9	5,8	2,1
II. Hang							
1	Moospolster 5 cm	7,5	8,0	68,4	13,6	3,4	10,2
2	schwarzer Moder 4 cm	7,0	7,6	28,5	16,3	4,8	11,5
3	Sand und Ton, rotbraun 12 cm	6,5	7,2	8,5	8,4	3,9	4,5
4	Kies, Sand u. Ton 25 cm	5,1	5,9	7,9	8,5	5,3	3,2
III. Hang							
1	Laubstreu 3 cm	7,0	7,6	66,1	23,1	1,0	22,1
2	Moder 2 cm	6,8	7,1	57,6	15,4	7,1	8,3
3	schwarzer Sand 8 cm	4,7	5,9	63,6	28,7	21,2	7,5
4	dito 6 cm	4,7	5,4	56,6	22,9	20,6	2,3
IV. Hangfuß							
1	Laubstreu 2 cm, dann Moder 6 cm	7,0	7,3	56,1	10,4	1,5	8,9
2	schwarzer Sand 8 cm	6,9	7,8	63,6	20,2	13,2	7,0
3	Kies, Sand Kohle 10 cm	5,8	6,1	31,1	19,0	13,1	5,9

Tabelle 16: Sorptionsverhältnisse unter 30jährigem Wald

Nr. Boden	pH	in mval je 100 g Boden			V %	Hydr. Az. y ₁
		S	T—S	T		
I. Laubwald						
3	7,2	95,2	5,7	100,9	94,3	8,8
4	5,7	33,6	9,3	42,9	78,3	15,8
V. Tieflage						
2	6,7	52,5	13,7	66,2	79,3	21,0
3	6,6	51,2	15,8	67,0	76,4	24,3
4	6,6	40,9	5,5	46,1	88,7	8,4
IV. Hangfuß						
2	6,9	14,9	9,9	24,8	60,1	16,8
3	5,8	68,0	24,6	92,6	73,3	38,0
VI. Kiefern						
2	7,2	9,5	3,4	12,8	73,6	5,3
3	7,4	9,3	42,8	52,1	17,7	6,5
4	7,0	14,9	2,1	17,0	87,6	3,2
VII. Kiefern						
2	7,2	8,7	2,1	10,8	80,0	4,3
3	7,2	0,5	13,2	13,7	3,6	18,8
VIII. Kiefern						
2	6,9	17,4	3,6	21,0	82,9	5,6
3	6,8	23,6	2,1	25,7	91,8	3,2

Tabelle 17 a: Moose der trockenen und feuchten Rohböden

Standort	Name	ökologische Angaben (nach Gams, Bertsch und Mönkemeyer)
Kies	<i>Barbula unguicula</i> (Huds.) Hedw.	Ebene bis Gebirge, Boden, Äcker, Grabenränder
	<i>Funaria hygrometrica</i> (L.) Sib. <i>Bryum caespitium</i> L.	weit verbreitetes Erdmoos, Pyrophyt, Kosmopolit, Schuttplätze, Kohlenmeiler Mauern, Felsen, auf sandiger Erde, an trockenen und feuchten Standorten
Kieshang, Nordexponiert	<i>Amblystegium serpens</i> (L.) Br. eur.	feuchte Stellen an Holz, Gestein, Grund von Erlen und Weiden, auch trockene Standorte
	<i>Catharinaea undulata</i> Web. u. M.	feuchter, lehmiger Waldboden
	<i>Erythrophyllum rubellum</i> (Hoffm.)	kalkliebend
	<i>Barbula cylindrica</i> (Tayl) Schpr.	an Abhängen, alten Mauern, Kalk- und Sandstein
	<i>Brachythecium rutabulum</i> (L.) Br. eur. <i>Barbula fallax</i> Hedw.	formenreiches Moos auf Erde, Gestein und Holzwerk Erd- und Felsmoos, feuchte Ton- und Kalkböden
Kohlen- Kiesgemisch	<i>Barbula unguicula</i> (Huds.) Hedw.	siehe oben
	<i>Mniobryum carneum</i> (L.) Linpr.	Erdmoos, Ebene bis collin
Kohle	<i>Tortella inclinata</i> (Hedw.) Limpr.	auf Kalkboden, auch auf Dünen in Pommern, collin bis alpin
	<i>Pellia epiphylla</i> (L.) Cord.	kalkarme bis kalkfreie Gebiete
	<i>Funaria hygrometrica</i> <i>Bryum argenteum</i>	siehe oben Erdmoos, auch an Mauern, weit verbreitet und anspruchslos
	<i>Barbula convoluta</i> (Hedw.)	auf dürrum sandigen oder kalkigem Boden, auf Mauern

Tabelle 17 b

Standort	Name	ökologische Angaben
feuchte Kohle	<i>Polytrichum juniperinum</i> Willd.	Waldbodenmoos kalkarmer Lagen
nasser Feinboden (Sand, Kohle)	<i>Dicranum longifolium</i> Erh.	kalkscheues Moos der Gebirge (!)
	<i>Didymodon spadicus</i> (Mitt.) Limpr.	kalkliebend, niedrige Lagen
	<i>Acrocladium cuspidatum</i> (L.) Lindb.	Moos feuchter Wiesen und Sümpfe
	<i>Pellia epiphylla</i> (L.) Cord.	siehe oben
	<i>Brachythecium rutabulum</i> <i>Bryum ventricosum</i> Dicks.	siehe oben quellige, moorige Orte, an Bächen, auf Sumpf- und Torfwiesen, gern auf Kalk
	<i>Fissidens adiantoides</i> (L.) Hedw.	Sumpf- und Torfwiesen, an Quellen, nassen Felsen

im Moor	<i>Ceratodon purpureus</i>	formenreiches Moos, Kosmopolit, auf den verschiedensten Substraten
	(L.) Brid.	
	<i>Barbula fallax</i>	siehe oben
	<i>Brachythecium salebrosum</i>	formenreich, auf Gestein, Erde und Holz
	(Hoffm.) Br. eur.	
	<i>Barbula unguicula</i>	siehe oben
	<i>Funaria hygrometrica</i>	siehe oben
	<i>Didymon rigidulus</i>	kalkliebendes Moos trocken-schattiger Felsen und Mauern (I)
im Sumpf	<i>Leptodictyum riparium</i>	an Baumstämmen, besonders an Weiden und Buchen
	(L.) Warnsr.	
	<i>Pellia epiphylla</i>	siehe oben
	<i>Bryum ventricosum</i>	siehe oben
	<i>Conocephalum conium</i>	am Wasser
	(L.) Wigg.	

Tabelle 17 c: Moose junger Wälder (Luxemburger Straße)

Standort	Name	ökologische Angaben
ca. 10jähriger Erlen-Birkenwald feucht	<i>Brachythecium salebrosum</i>	siehe oben
	(Hoffm.) Br. eur.	
	<i>Tortella inclinata</i>	siehe oben
dunkler, gleichaltriger Kiefernwald	(Hedw.) Limpr.	
	<i>Ceratodon purpureus</i>	siehe oben
	(L.) Brid.	
	<i>Scleropodium purum</i>	bevorzugt karbonreiche Böden
	(L.) Limpr.	
Buchen-, Eichen-, Lärchen-Mischwald trocken	<i>Eurhynchium striatum</i>	Waldbodenmoos, verbreitet
	(Schr.) Schpr.	
	<i>Amblystegium serpens</i>	siehe oben
	(L.) Br. eur.	
	<i>Amblystegium juratzkanum</i>	feuchte Stellen an Holz, Gestein, Grund von Erlen und Weiden, Ebenen, meidet höhere Lagen
	Schrp.	
	<i>Encalypta contorta</i>	kalkliebendes Erd- und Gesteinsmoos der Gebirge, meidet Ebene (!)
	(Wulf) Lindb.	
	<i>Brachythecium salebrosum</i>	siehe oben
	(Hoffm.) Br. eur.	
<i>Brachythecium velutinum</i>	formenreiches Moos auf Erde, Gestein und Holzwerk	
(L.) Br. eur.		
<i>Eurhynchium stokesii</i>	kalkscheues, feuchtigkeitsliebendes Moos der Wälder	
(Turn.) Br. eur.		
<i>Bryum capillare</i>	häufige, vielgestaltige Art, auf fast allen Substraten	

Tabelle 18: Moose ca. 30jähriger Laubwälder (Schnorrenberg)

Verhältnisse spezielle edaph.	Name	ökologische Angaben
feuchter Waldboden	<i>Amblystegium juratzkanum</i> Schpr.	feuchtigkeitsliebendes Moos an Gestein und Holz
abgestorbener Fichtenstamm	<i>Amblystegium serpens</i> (L.) Br. eur. <i>Amblystegium subtile</i> Br. eur. <i>Amblystegium subtile</i> (Hedw.) Loeske	siehe oben Moos der Laubholzstämmen im Bergwald Europas siehe oben
auf Holz	<i>Anomodon viticulosus</i> (L.) Hook	schattige Felsen und alte Bäume, Ebene bis Gebirge
sandig, toniger Feinboden mit Kohlenstaub	<i>Metzgeria furcata</i> (L.) Lindb. <i>Brachythecium velutinum</i> Br. eur. <i>Brachythecium glareosum</i> Br. eur. <i>Brachythecium rutabulum</i> (L.) Br. eur. <i>Brachythecium salebrosum</i> (Hoffm.) Br. eur.	vorwiegend auf Rinde, seltener auf Gestein (Standort ungewöhnlich!) siehe oben kalkliebendes Moos, auf Mergel siehe oben siehe oben
feuchter Hang	<i>Bryum ventricosum</i> Dicks. <i>Eurhynchium striatum</i> (Schr.) Schrp.	siehe oben siehe oben
feuchter Weg	<i>Thuidium tamariscifolium</i> (Neck.) Lindb.	Waldmoos, Ebene bis Gebirge
kiesig, mit Kohle	<i>Fissidens cristatus</i> Wils. <i>Mnium cuspidatum</i> Levss. <i>Mnium rostratum</i> <i>Mnium hornum</i> L. <i>Encalypta contorta</i> (Wulf) Lindb. <i>Encalypta vulgaris</i> (Hedw.) Hoffm. <i>Cephaloziella cf. starkei</i> (Funck) Schiff <i>Barbula fallax</i> Hedw.	kalkliebendes Moos trockener Steine und Felsen, doch auch auf Erde feucht-schattiger Waldboden kalkliebend, schattig-feuchter Waldboden kalkscheues, subatlantisches Moos des feucht-schattigen Waldbodens siehe oben kalkliebend, auf Erde und Gestein Waldmoos siehe oben

Tabelle 19 a: Die qualitative Verteilung der Enten innerhalb von 10 Jahren
(nach GILLER, F., Zehn Jahre Entenvogelzählung im Kölner Raum.
in Zeitschrift Revier u. Werk Heft 58, Köln 1961)

Art	Zählperiode									
	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
Stockente	3 769	20 262	16 851	3 673	5 022	7 712	4 323	2 600	5 831	3 878
Krickente	82	288	212	149	116	314	144	122	66	100
Knökente		4	2	2	2	3	15			
Pfeifente	225	1 288	412	115	234	692	100	225	2	
Spießente		66				10		17		
Löffelente									1	
Reiherente							1	8	1	
Schellente										3
Samtente								4		
Gänsesäger			2			8				1
Mittelsäger								2		
Zwergsäger						51	3		8	
Graugans			9							9
Höckerschwan								2		2
Summe	4 076	21 908	17 488	3 939	5 374	8 790	4 586	2 980	5 909	3 992

Tabelle 19 b: Die quantitative Verteilung der Enten in den einzelnen Zählperioden

Monat	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
Juli		71			63		38			
August		1 286	146	37	67	37	42			
September		483	890	665	222	243	309	65	220	350
Oktober		634	1 327	433	516	601	243	128	355	472
November		1 861	2 202	333	706	740	758	251	822	280
Dezember	1 180	4 953	5 580	486	1 327	1 211	1 017	333	1 837	347
Januar	1 693	4 687	6 391	561	1 735	2 167	1 033	1 130	887	1 577
Februar	674	5 552	2 111	98	45	2 538	997	606	1 004	966
März	456	1 119	731	1 299	600	1 019	43	467	784	fehlt
April	73	263	109	27	93	234	106			

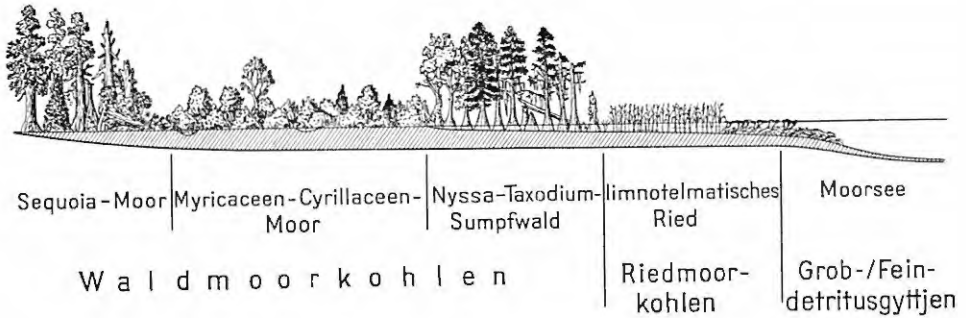


Abb. 1: Die wichtigsten Moortypen des Hauptflözes der niederrheinischen Braunkohle in ihrer vermutlichen seitlichen Aufeinanderfolge (nach M. TEICHMÜLLER, Symposium, Krefeld 1958)



Abb. 2: Lößwand am Osthang der Ville bei Brühl



Abb. 3: Buchenbestand auf Löß am Osthang (bei Walberberg)



Abb. 4: Vorgebirgshang und Köln-Bonner Bucht (im Vordergrund Brühl-Badorf)

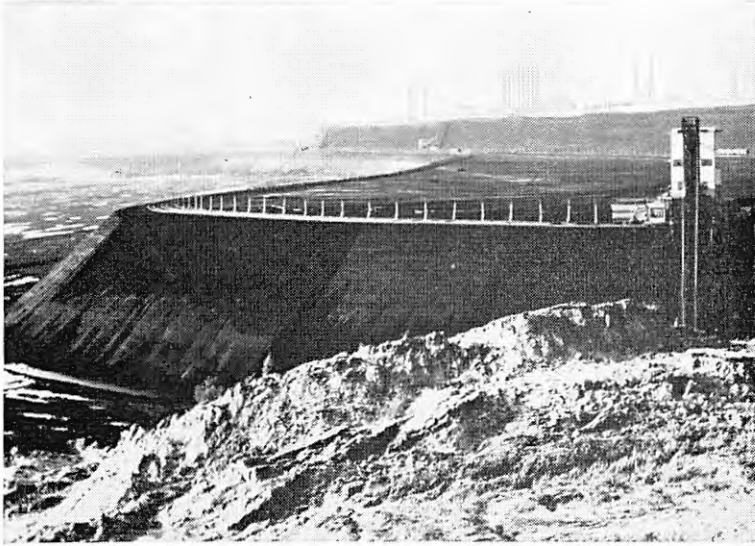


Abb. 5: Abraum, Kohlenflöz und Industrieanlagen von Knapsack



Abb. 6: Von Hangrunsen zerschnittener steiler, ca. 20 m hoher Hang aus Kiesen, Sanden und Lehmen



Abb. 7: Panorama der Erdpyramiden

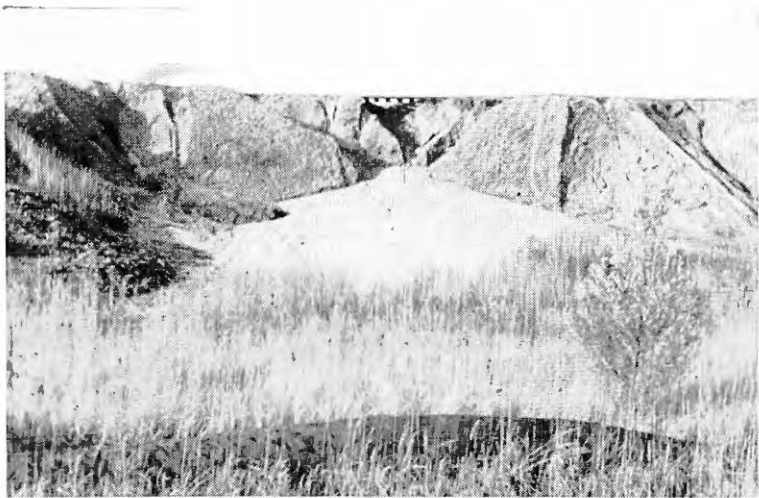


Abb. 8: Schwemmkegel



Abb. 9: Erdrutsch und Schwemmkegel, die bereits besiedelte Vegetationsflächen verschütten

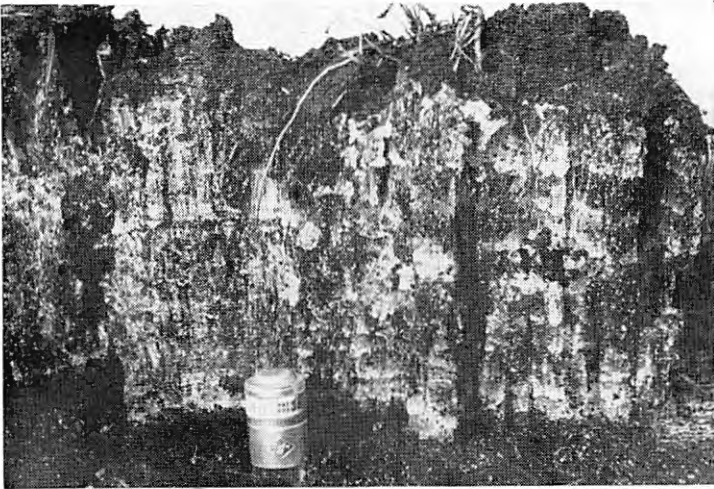


Abb. 10: 20 cm mächtiges Kammeis (Kleinbild-Filmdose als Maßstab)

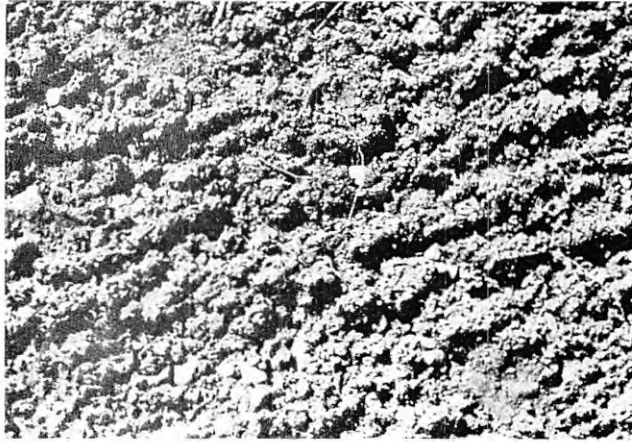


Abb. 11: Windgestreifter Auffrierboden



Abb. 12: Fabrikwolken bei sonst klarem Abendhimmel



Abb. 13: Einige Zeit später: Die Wolken haben sich zu einer Dunstglocke aufgelöst



Abb. 14: „Reitgras-Steppe“ — *Calamagrostis epigeios*

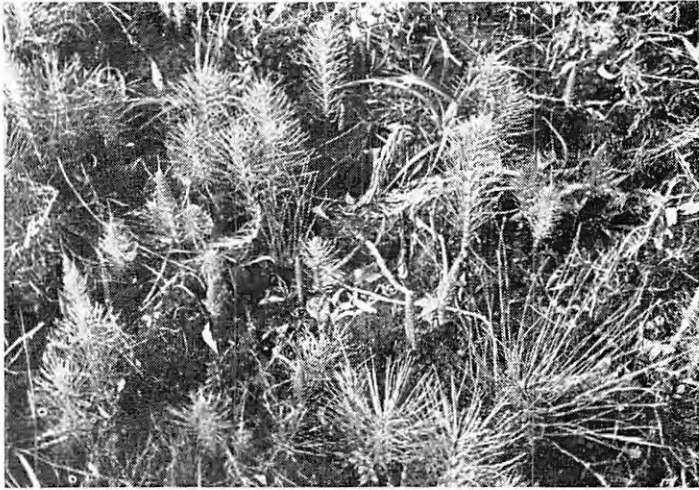


Abb. 15: Erstbesiedlung von Ton durch *Equisetum maximum*



Abb. 16: *Tussilago farfara* auf Kohlenstaub

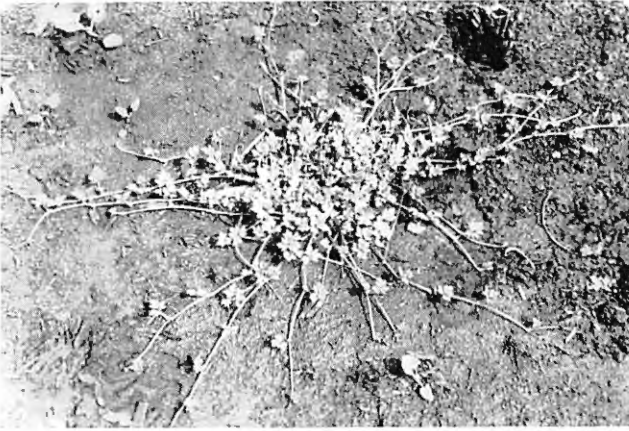


Abb. 17: Rosette von *Ranunculus repens*

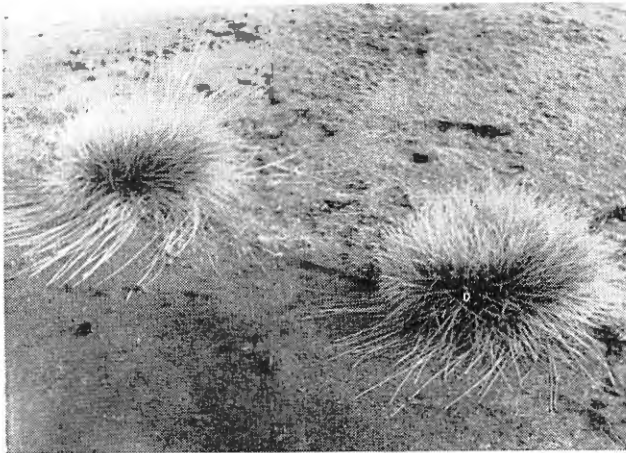


Abb. 18: *Carex leporina*-Polster



Abb. 19: Die weite offene Landschaft am Kiebitzsee

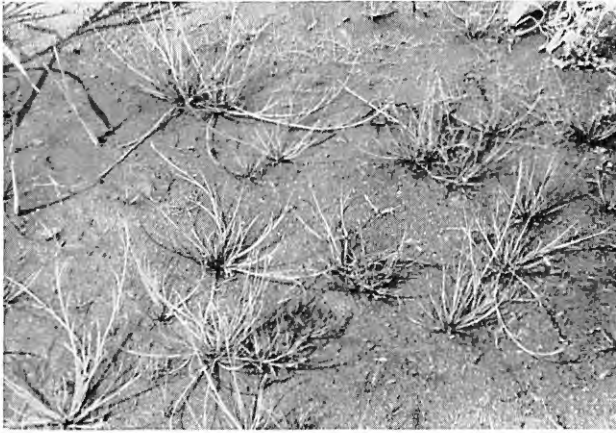


Abb. 20: Juncus articulatus L.



Abb. 21: Kiebitznest im Kiesgeröll!



Abb. 22: Die Kohleninseln, Brutplätze der Sturmmöve

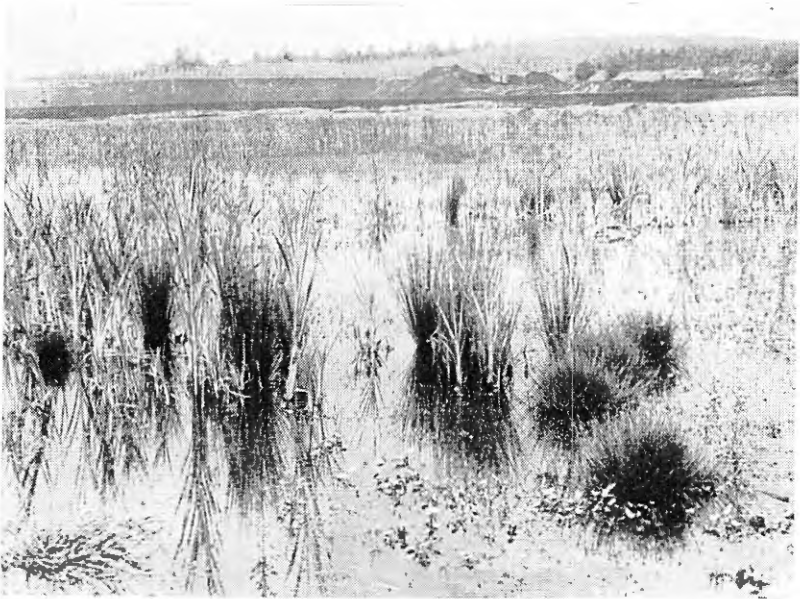


Abb. 23: *Typha latifolia*, *Juncus articulatus*, *Juncus effusus* und *Alisma plantago* im seichten Wasser des Kiebitzsees

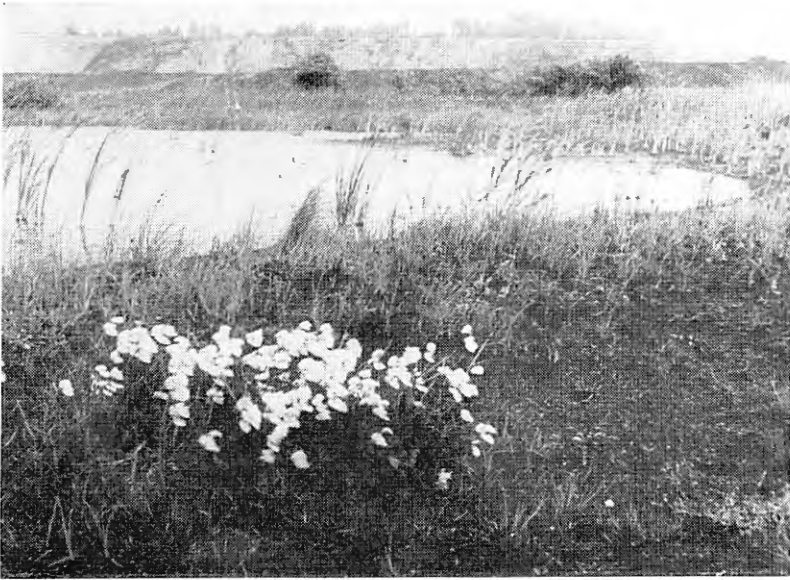


Abb. 24: *Eriophorum angustifolium* am Ufer des Kiebitzsees



Abb. 25: Der Iris-See mit reich entwickelter Biozönose



Abb. 26: Überschwemmtes, zugefrorenes Ufergelände am Berggeistsee



Abb. 27: Bulten und Schlenken im Moor



Abb. 29: Landwirtschaftlich rekultivierte Flächen

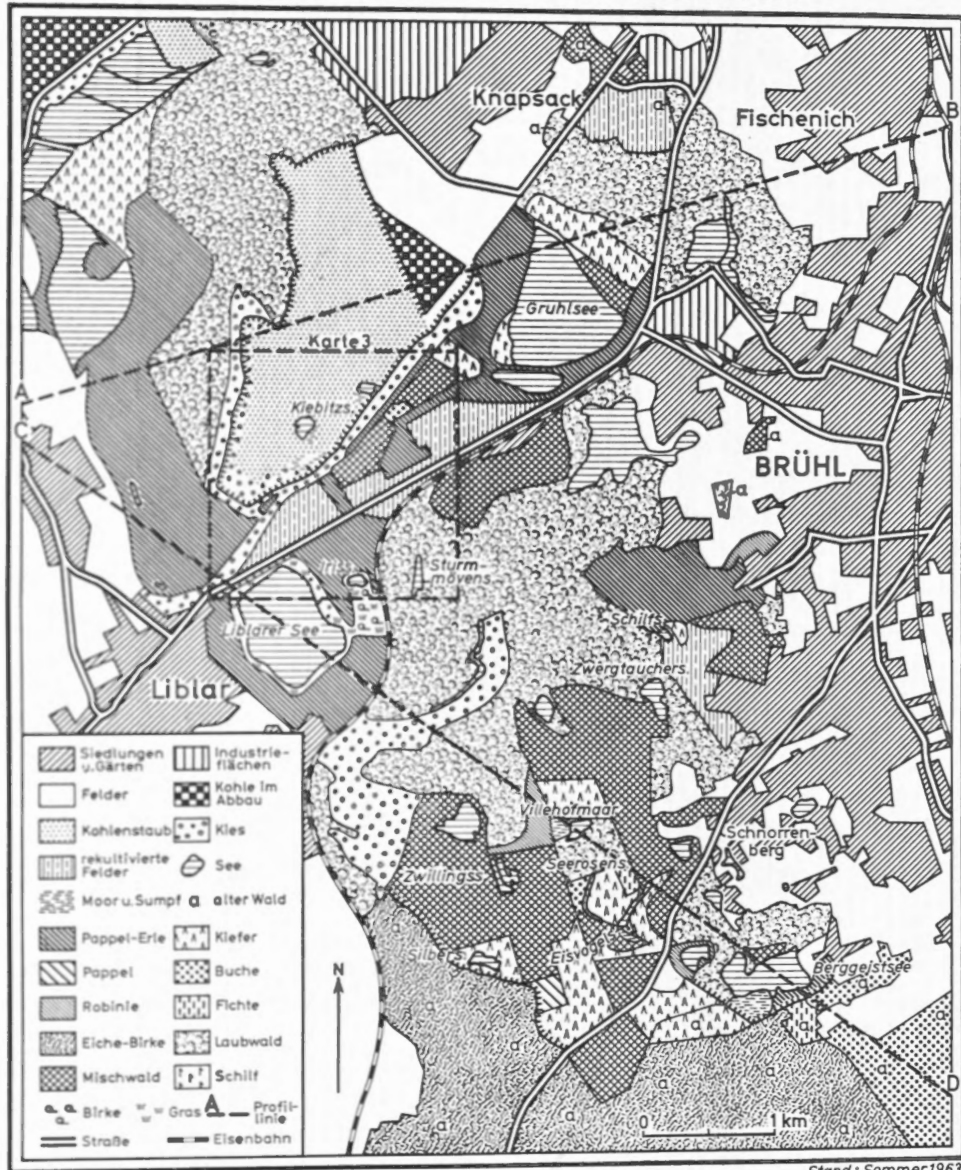


Abb. 29: Pionierpflanzen (*Agropyron repens*, *Calamagrostis epigeios*, *Oenothera biennis*)
auf feuchtem Kohlenstaub



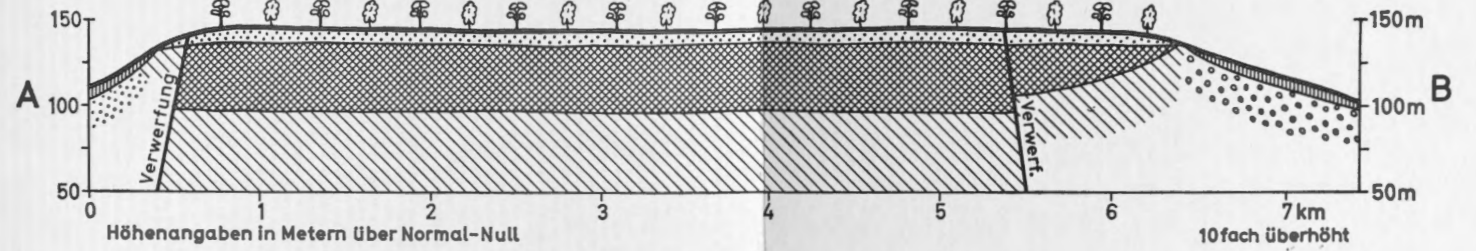
Abb. 30: Durch Rekultivierung entstandene Wald-Seen-Landschaft

Karte 2 Übersichtskarte des Südreviere

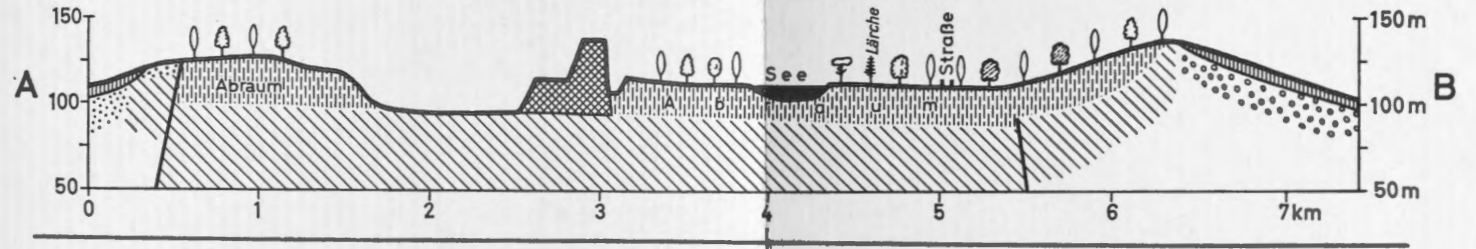


Profile durch die Ville

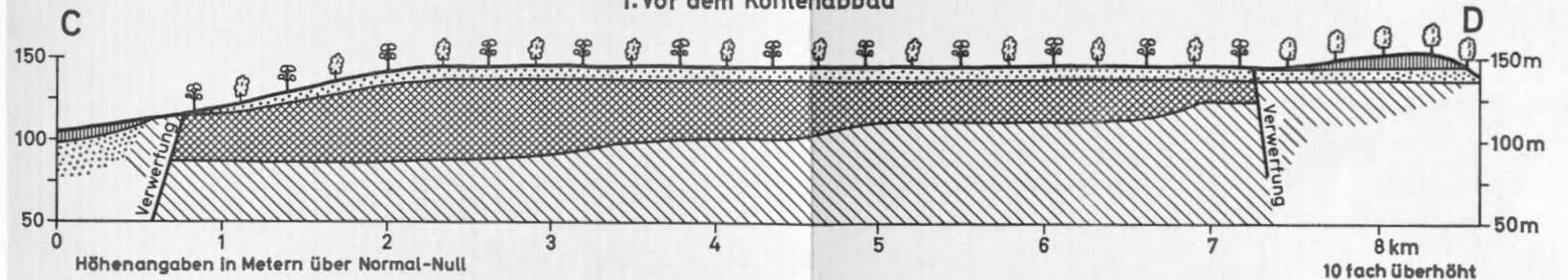
1. Vor dem Kohlenabbau



2. Während des Kohlenabbaues bzw. danach



1. Vor dem Kohlenabbau



2. Nach dem Kohlenabbau

