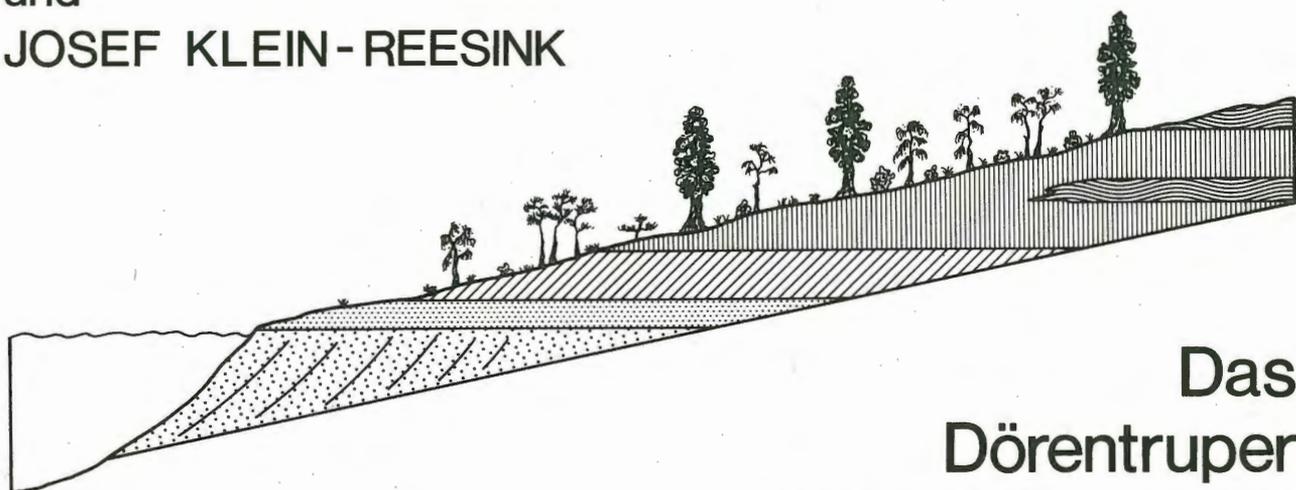




Geologie und Paläontologie in Westfalen

Heft 2

CHRISTIAN MINNIGERODE
und
JOSEF KLEIN-REESINK



Das
Dörentruper
Braunkohleflöz als
Zeuge eines fossilen Moores.

Petrographische und palynologische Untersuchungen zur
Flözgenese.

Landschaftsverband Westfalen - Lippe

Hinweise für Autoren

In der Schriftenreihe **Geologie und Paläontologie in Westfalen** werden geowissenschaftliche Beiträge veröffentlicht, die den Raum Westfalen betreffen.

Druckfertige Manuskripte sind an die Schriftleitung zu schicken.

Aufbau des Manuskriptes

1. Titel kurz und bezeichnend.
2. Klare Gliederung.
3. Zusammenfassung in Deutsch am Anfang der Arbeit.

Äußere Form

4. Manuskriptblätter einseitig und weitzeilig beschreiben; Maschinenschrift, Verbesserungen in Druckschrift.
5. Unter der Überschrift: Name des Autors (ausgeschrieben), Anzahl der Abbildungen, Tabellen und Tafeln; Anschrift des Autors auf der 1. Seite unten.
6. Literaturzitate im Text werden wie folgt ausgeführt: (AUTOR, Erscheinungsjahr: evtl. Seite) oder AUTOR (Erscheinungsjahr: evtl. Seite). Angeführte Schriften werden am Schluß der Arbeit geschlossen als Literaturverzeichnis nach den Autoren alphabetisch geordnet. Das Literaturverzeichnis ist nach folgendem Muster anzuordnen:

SIEGFRIED, P. (1959): Das Mammut von Ahlen (*Mammonteus primigenius* BLUMENB.). – Paläont. Z. 30, 3:172 – 184, 3 Abb., 4 Taf.; Stuttgart.

WEGNER, T. (1926): Geologie Westfalens und der angrenzenden Gebiete. 2. Aufl. – 500 S., 1 Taf., 244 Abb.; Paderborn (Schöningh).

7. Schrifttypen im Text:

doppelt unterstrichen = **Fettdruck**.

einfach unterstrichen oder gesperrt = Sperrung.

Gattungs- und Artnamen unterschlängeln = *Kursivdruck*.

Autorennamen durch GROSSBUCHSTABEN wiedergeben.

Abbildungsvorlagen

8. In den Text eingefügte Bilddarstellungen sind Abbildungen (Abb. 2). Auf den Tafeln stehen Figuren (Taf. 3, Fig.2) oder Profile (Taf. 5, Profil 2).
9. Strichzeichnungen können auf Transparentpapier oder Photohochglanzpapier vorgelegt werden. Photographien müssen auf Hochglanzpapier abgezogen sein.

Korrekturen

10. Korrekturfahnen werden den Autoren einmalig zugestellt.

Korrekturen gegen das Manuskript gehen auf Rechnung des Autors.

Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren allein verantwortlich.

Schriftleitung: Dr. Alfred Hendricks
Westfälisches Museum für Naturkunde
Sentruper Straße 285
4400 Münster

Geologie und Paläontologie in Westfalen

Heft 2

Herausgeber:
Westfälisches Museum für Archäologie
– Amt für Bodendenkmalpflege –
und
Westfälisches Museum für Naturkunde

**Das Dörentruper Braunkohleflöz
als Zeuge eines fossilen Moores.**
**Petrographische und palynologische Untersuchungen
zur Flözgenese.**

CHRISTIAN MINNIGERODE und JOSEF KLEIN-REESINK

Geol. Paläont. Westf.	2	68 S.	17 Abb. 12 Tab. 9 Taf.	Münster Juli 1984
--------------------------	---	-------	------------------------------	----------------------

ISSN 0176-148X
ISBN 3-924590-03-6

© 1984 Landschaftsverband Westfalen-Lippe

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung des LWL reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Geol. Paläont. Westf.	2	60 S.	17 Abb. 12 Tab. 9 Taf.	Münster Juli 1984
--------------------------	---	-------	------------------------------	----------------------

**Das Dörentruper Braunkohleflöz
als Zeuge eines fossilen Moores.
Petrographische und palynologische Untersuchungen
zur Flözgenese.**

CHRISTIAN MINNIGERODE und JOSEF KLEIN-REESINK*

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Einleitung	7
1.1. Geologischer Überblick	7
1.2. Makroskopische Profilbeschreibung	9
2. Mikropetrographie der Dörentruper Braunkohle (J. Klein-Reesink)	11
2.1. Aufgabe der Mikropetrographie	11
2.2. Mikropetrographische Bestandteile der Weichbraunkohle	11
2.2.1. Humose Bestandteile	12
2.2.2. Liptinitische Bestandteile	12
2.2.3. Inertinitische Bestandteile	12
2.3. Die Maceralzusammensetzung der Dörentruper Kohle	13
2.4. Beziehungen zwischen Makro- und Mikropetrographie	16
3. Physikalisch-chemische Kennzeichnung der Dörentruper Kohle (J. Klein-Reesink)	21
3.1. Aschegehalt	21
3.2. Wassergehalt	23
3.3. Chemische Zusammensetzung und Inkohlungsgrad	24
4. Palynologie der Dörentruper Braunkohle (C. Minnigerode)	25
4.1. Bemerkungen zur Interpretation von Pollendiagrammen in tertiären Ablagerungen	25
4.2. Flözparallelisierung	25
4.3. Rekonstruktion von Pflanzenvergesellschaftungen	25
4.4. Aufbereitung für palynologische Untersuchungen	26
4.4.1. Aufbereitung von Weichbraunkohle	26
4.4.2. Aufbereitung von Sanden und sandiger Kohle	27
4.5. Das Pollenspektrum der Dörentruper Braunkohle	28
4.5.1. Sporites	31

* Anschrift der Verfasser: Dipl.-Geol. Christian Minnigerode
Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum
Corrensstraße 24
4400 Münster
Dipl.-Geol. Josef Klein-Reesink
Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum
Goldschmidtstraße 3
3400 Göttingen

4.5.2. Coniferae	31
4.5.3. Angiospermen	34
4.6. Pollen- und Sporenvergesellschaftungen	36
4.7. Vergleich zwischen Makropetrographie und Palynologie	36
5. Genese der Dörentruper Kohle	39
6. Danksagung	43
7. Literaturverzeichnis	62
8. Anhang	66

1. Einleitung

Im Bereich des ehemaligen Abbaugbietes der Dörentruper Sand- und Thonwerke bei Dörentrup an der B 66 zwischen Lemgo und Hameln, ca. 4 km östlich von Lemgo (TK 25, Blatt 3919 Lemgo; Abb. 1) wurde von den Autoren im Frühjahr 1982 im Auftrage des Westfälischen Museums für Archäologie – Amt für Bodendenkmalpflege – ein Braunkohleprofil makroskopisch aufgenommen und schichtorientiert beprobt (KLEIN-REESINK & MINNIGERODE, 1983). In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse der palynologischen, mikropetrographischen und physikochemischen Untersuchungen dieser Proben vorgestellt und die daraus gezogenen Schlüsse für die Genese dieses Braunkohlevorkommens erläutert.

1.1. Geologischer Überblick

In Abb. 2 ist in vereinfachter Form der geologische Rahmen des Arbeitsgebietes dargestellt (quartäre Schichtenfolge abgedeckt). Das Dörentruper Tertiärgebiet stellt einen SW – NE streichenden Grabenbruch dar, in dem bis zu 100 m mächtige Tertiärschichten erhalten sind. Im Westen wird dieses Tertiärgebiet durch die Lemgoer Rät – Lias – Mulde begrenzt, im Osten schließt sich ein Gipskeupergebiet an, das MESTWERDT (1917) als den Flügel einer Bruchzone längs der Pyrmonter Achse gedeutet hat. Die Schichten des Tertiärgebietes selbst sind muldenförmig gelagert, so daß die älteren (oberoligozänen) am Rande, die jüngeren (miozänen) im Inneren zu Tage treten (Abb. 3).

Aufgrund von insgesamt 21 Bohrungen der Dörentruper Sand- und Thonwerke, die Grundlage der folgenden Erläuterungen sind, läßt sich ein vollständiges Profil des Dörentruper Tertiärs ermitteln (MESTWERDT, 1910, 1916, 1917). Die Liegendschichten werden von Rät und Lias gebildet. Darüber folgen diskordant dunkelgraue bis grünliche, teils sandige, teils fette Tone mit einer Mächtigkeit von ca. 14 m. Nach MESTWERDT (1910) werden diese Tone in das Mitteloligozän (Rupelton) gestellt, da sie von Mergeln und Kalken des Oberoligozän überlagert werden. Über den mitteloligozänen Tonen folgen 15-20 m mächtige grünliche bis graubraune, teilweise glaukonitische Mergel. Die hierin enthaltene, seit langem bekannte reichhaltige marine Fauna (Gastropoden, Lamellibranchiaten, Fische) belegt oberoligozänes Alter (STREMME, 1888; MESTWERDT, 1910). Mit Beginn des Miozän beginnt das Meer zu verlanden, und es kommt zur Ablagerung von bis zu 70 m mächtigen Schichten, die mit tonigen Sanden beginnen und in eine Wechsellagerung von Sanden und Tonen mit Braunkohleflözen übergehen. Schrägschichtungsmessungen in den meist hellen Fein- und Mittelsanden (Dörentruper Glassande) ergeben eine Schüttungsrichtung der Sande aus Nordnordwesten (MEYER & WILDER, 1981). Sie erreichten ihre Maximalmächtigkeit im Bereich der Sandgrube. Die zwischengelagerten, meist schwarzen Tone zeichnen sich häufig durch einen hohen Gehalt an organischer Substanz aus. Sie sind faziell eng mit den Braunkohlen verzahnt, wobei sämtliche Übergänge von Tonen zu Braunkohle auftreten (MEYER & WILDER, 1981).

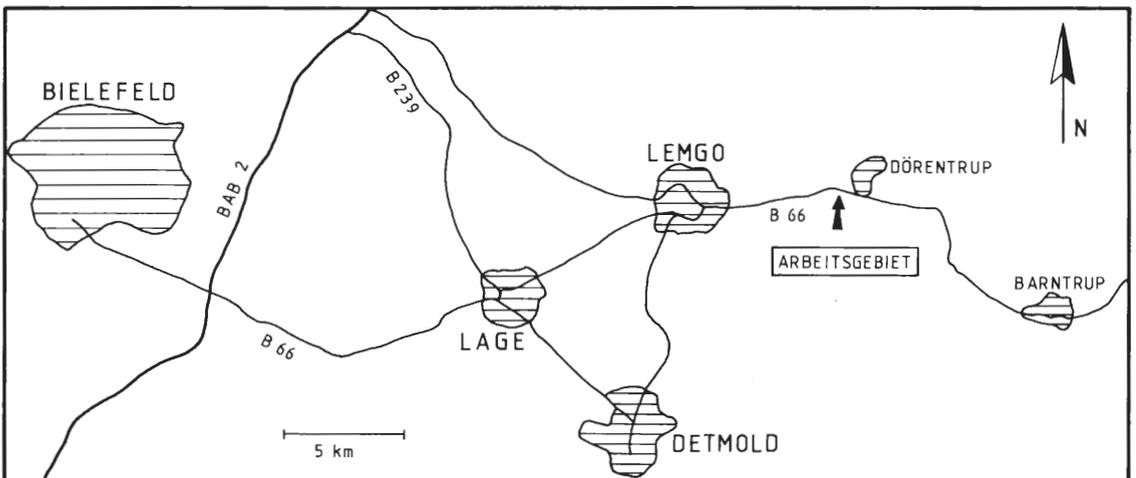


Abb. 1: Lage des Arbeitsgebietes

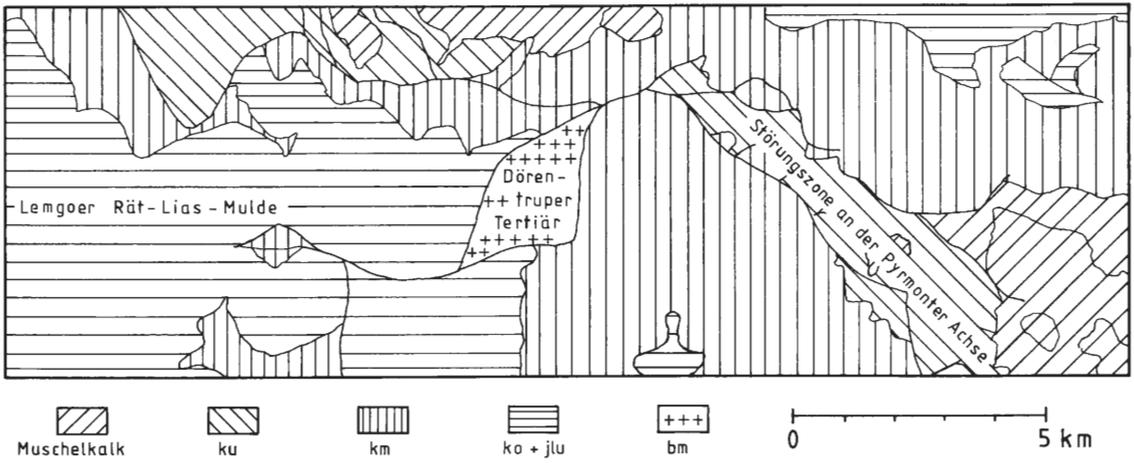
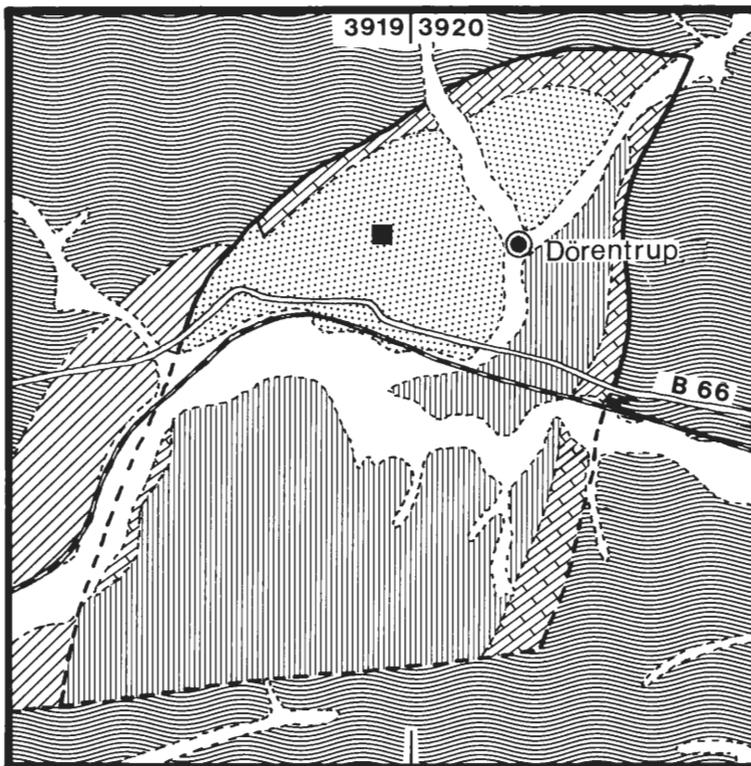


Abb. 2: Geologischer Rahmen (vereinfacht nach MESTWERDT, 1916, 1917).



■ BRAUNKOHLEPROFIL

Abb. 3: Übersicht über das Dörentruper Tertiär (nach MESTWERDT, 1916).

MESTWERDT (1917) unterscheidet für das Miozän des Dörentruper Tertiärgebietes ein Überwiegen der sandigen Fazies im nördlichen Teil des Beckens (zwischen Göttertrup und Neuenkamp) und eine tonige Fazies im Süden. MEYER & WILDER (1981) stellen die Datierung der tonigen Sedimente in das Miozän in Frage und deuten sie als Ablagerungen eines pleistozänen Eisstausees.

Die Baunkohlenflöze stellen linsenförmige Körper dar (MESTWERDT, 1916; MEYER & WILDER, 1981), die schnell auskeilen bzw. vertauben und somit nicht abbauwürdig sind (STILLE, 1915). Lediglich die xylitischen Lithotypen wurden zeitweise von den Dörentruper Sand- und Thonwerken als Kesselkohle verwandt (MESTWERDT, 1917).

1.2 Makroskopische Profilbeschreibung

Zur Unterteilung der Makrolithotypen der Dörentruper Braunkohlen wurden die gebräuchlichen Anspracheschemata von VOGT (1970), HILTMANN (1976), SONTAG & SÜSS (1976) und SEIFERT & RASCHER (1979) herangezogen. In diesen Arbeiten werden zur Klassifikation der Lithotypen die folgenden Kriterien in absteigender Rangfolge benutzt:

- Gewebeführung
- Farbe
- Zerfall
- Art der Einlagerung

Entscheidend ist vor allem der Grad der Gewebeführung, d.h. das Verhältnis von Grundmasse zu Gewebe, wie es auch bei der Klassifikation holozäner Küstenmoore (z.B. COHEN, 1973) angewandt wird. Mit steigender Gewebeführung werden unterschieden:

- Grundmassenkohle
- Gewebegrundmassenkohle
- Gewebekohle
- Lagenkohle

Nach diesen Parametern sind in der Dörentruper Kohle nur zwei Lithotypen, Grundmassenkohle und Gewebegrundmassenkohle, vertreten. Eine Unterteilung der Kohle nach Helligkeit scheint hier wenig sinnvoll, da eventuell vorhandene geringe Farbunterschiede zwischen den Kohlen der einzelnen Schichten durch den stark wechselnden Sandgehalt und der damit verbundenen Helligkeitszu- bzw. -abnahme überdeckt werden. Der Zerfall der Dörentruper Braunkohle ist im wesentlichen abhängig von der Menge und der Größe der eingelagerten Xylite und wird in der Profilbeschreibung nicht gesondert aufgeführt.

Da schon eine detaillierte Profilbeschreibung vorliegt (KLEIN-REESINK & MINNIGERODE, 1983), soll an dieser Stelle nur auf einige wichtige Tendenzen hingewiesen werden, die für die spätere Rekonstruktion der Genese von Bedeutung sind.

Das etwa 6,50 m mächtige Flöz wird durch zwei sandige Zwischenmittel in 3 Abschnitte (Ober-, Mittel- und Unterbank) gegliedert (Abb. 4). Jeder dieser 3 Abschnitte beginnt mit einer sandigen Grundmassenkohle, in die vereinzelt Fusite eingelagert sind. Im untersten Drittel des Flözes folgt über der Grundmassenkohle eine etwa 20 cm mächtige Gewebegrundmassenkohle, die dann in eine xylitische Kohle übergeht. Im mittleren und oberen Drittel des Flözes folgt auf die basale Grundmassenkohle jeweils eine Wechsellagerung von Gewebegrundmassenkohle und xylitischer Kohle. Alle 3 Abschnitte werden dann von einer sandigen Schichtenfolge abgeschlossen.

Zur Kenntnisnahme näherer Details zum makroskopischen Aufbau der Dörentruper Braunkohle sei an dieser Stelle noch einmal auf die Abb. 4 hingewiesen.

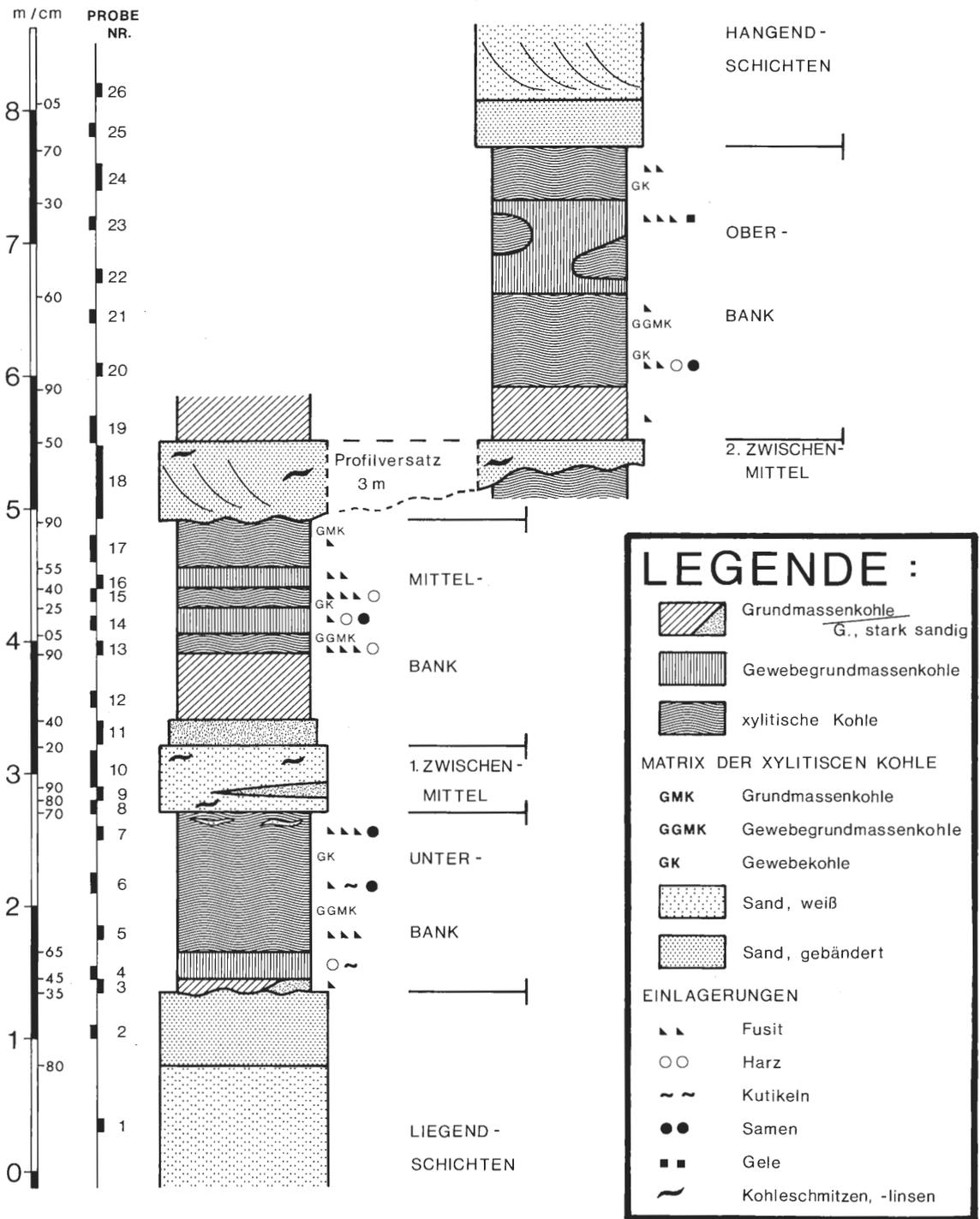


Abb. 4: Makropetrographisches Flözprofil der Dörentruper Braunkohle.

2. Mikropetrographie der Dörentruper Kohle

2.1. Aufgabe der Mikropetrographie

Die Aufgabe mikropetrographischer Untersuchungen besteht in erster Linie darin, den Stoffbestand verschiedener Kohlen quantitativ zu erfassen, um Vorhersagen über ihre technologischen Eigenschaften machen zu können. So beeinflusst z.B. der Vergelungsgrad der Mazerale der Huminit-Gruppe (s.u.) das Zerkleinerungsverhalten und die Brikettierfähigkeit von Weichbraunkohlen wesentlich. Die Liptinit-Führung (s.u.) ist bedeutsam für die Bitumen-Extraktion sowie die industrielle Montanwachs- und Teergewinnung.

Zusammen mit physiko-chemischen, palynologischen und kutikularanalytischen Untersuchungen bildet die Mikropetrographie die Grundlage für die Interpretation der Entstehungsbedingungen verschiedener Lithotypen und Flöze.

2.2. Mikropetrographische Bestandteile der Weichbraunkohle

Die lichtmikroskopisch erfaßbaren Einzelbestandteile der Kohle werden als Macerale bezeichnet (ICCP, 1971). Sie bestehen bzw. bilden sich aus den verschiedenen Organen und Geweben des pflanzlichen Ausgangsmaterials der Kohle. Die Unterscheidung der einzelnen Macerale erfolgt im wesentlichen nach den Kriterien Reflexionsvermögen, Form und Fragmentierung (System Stopes-Heerlen, ICCP, 1963, 1971). Für die Abgrenzung der Braunkohlenmacerale gegeneinander hat weiterhin das Verhalten bei Blaulicht-Bestrahlung (Fluoreszenz) eine entscheidende Bedeutung. Aufgrund des Reflexionsvermögens werden drei Maceral-Gruppen unterschieden (s. Tab. 1):

- a) Die Macerale der Huminit-Gruppe besitzen mittleres Reflexionsvermögen. Sie bestehen aus humosen Stoffen, die im wesentlichen auf pflanzliches Lignin und Cellulose zurückzuführen sind.
- b) Die Macerale der Liptinit-Gruppe besitzen ein geringes Reflexionsvermögen, zeichnen sich aber im Braunkohlenstadium durch eine deutliche Fluoreszenz aus. Sie werden als Protobitumina bezeichnet und bestehen aus nahezu unveränderten pflanzlichen Harzen und Wachsen.
- c) Die Macerale der Inertinit-Gruppe weisen ein hohes Reflexionsvermögen auf. Sie gehen aus unterschiedlichem Pflanzenmaterial hervor, das durch Prozesse vor und während der Torfbildung verändert wurde. Die Prozesse, z.B. Wald- oder Torfbrand, Pilzbefall, starke Oxydation, bewirken eine relative Anreicherung des Kohlenstoffs, die mit einem Anstieg des Reflexionsvermögens verbunden ist. Auch primär kohlenstoffreiche Substanzen wie Pilzreste werden zu den Inertiniten gestellt.

Maceral-Gruppe	Maceral-Subgruppe	Maceral
Huminit	Humotelinit	Textinit
		Ulmit
	Humodetrinit	Attrinit
		Densinit
	Humocollinit	Gelinit
		Corpohuminit
Liptinit		Sporinit
		Cutinit
		Resinit
		Suberinit
		Alginit
		Liptodetrinit
		Chlorophyllinit
Intertinit		Fusinit
		Semifusinit
		Macrinit
		Sclerotinit
		Inertodetrinit

Tab. 1: Maceralklassifikation der Braunkohlen (aus ICCP, 1971).

2.2.1. Humose Bestandteile

Die Maceral-Subgruppe der Huminite, die aus intakten Zellverbänden von Geweben oder isolierten Einzelzellen in humosem Erhaltungszustand besteht, wird als Humotelinit bezeichnet. Nach dem Grad der Vergelung werden die Macerale Textinit (unvergelt) und Ulminit (vergelt) unterschieden. Beim Textinit sind die Zellumina meist offen, können aber auch mit Corpohuminiten (s.u.) und Resiniten (s.u.) gefüllt sein. Die Zellumina des Ulminits sind i.d.R. teilweise bzw. ganz geschlossen.

Humodetrinit besteht aus feinsten humosen Bruchstücken und einem dazwischen fein verteilten Humusgel. Innerhalb dieser Subgruppe können, wiederum aufgrund des Vergelungsgrades, zwei Macerale unterschieden werden. Attrinit bezeichnet detritische Huminitteilchen sowie eine unfigurierte, schaumig-poröse Substanz mit huminitischem Reflexionsvermögen. Er tritt als Grundmasse für andere Macerale auf. Densinit geht durch Vergelung, die eine Homogenisierung bewirkt, aus Attrinit hervor. Er tritt wie Attrinit als Grundmasse für andere Macerale auf.

Humocollinit besteht aus amorphen Humusgelen oder intensiv vergelten Pflanzengeweben und intensiv vergeltem humosem Detritus. Lediglich der Maceraltyp Phlobaphinit stellt hier eine Ausnahme dar. Er ist ein Gerbstoffabkömmling (Phlobaphen), der aus einem pflanzlichen Zellsekret hervorgeht. Humocollinite erscheinen im Auflicht bei Ölimmersion stets homogen. Sie werden in die Macerale Gelininit und Corpohuminit unterteilt. Gelinite sind zum weitaus größten Teil ausgefällte Humusgele. Sie bilden die von ihnen ausgefüllten Hohlräume (Spalten, Risse, z.T. auch Zellumen) nach. Nach ihrer Textur werden zwei Maceral-Typen unterschieden: Levigelinit ist nahezu strukturlos, zeigt aber ausgeprägte Schrumpfrisse. Porigelinite zeigen einen feinstporösen bis mikrokörnigen Habitus. Sie sind häufig an die Zellhohlräume von Teliniten gebunden. Phlobaphenische Zellexkrete und sekundäre humose Zellfüllungen werden als Corpohuminit bezeichnet. Wie die pflanzliche Zelle ist ihre Gestalt kugelig, elliptisch, stäbchenförmig oder plattig.

2.2.2. Liptinitische Bestandteile

Die liptinitischen Macerale bestehen bis ins Weichbraunkohlenstadium aus nahezu unveränderten Pflanzenbestandteilen. Sie werden von JACOB (1960) in Wachse (Sporinit, Cutinit, Suberinit und Algininit) und Harze (Resinit) unterteilt.

Sporinit wird von den Außenhäuten (Exinen und Perinen) der Sporen und Pollen gebildet. Größe und Morphologie sind entsprechend der Ausbildung der verschiedenen Sporen und Pollen sehr unterschiedlich.

Cutinit geht aus den Kutikulen von Blättern oder Stengeln hervor. Er hat die Form von einfachen oder einseitig gezähnten Bändern verschiedener Dicke. Im Auflicht (Hellfeld-Beleuchtung) kann Cutinit leicht mit Rissen in der Kohle verwechselt werden. Durch seine intensive, gelbe Fluoreszenz ist er aber bei Blaulicht-Anregung leicht zu erkennen.

Als Suberinit werden die Zellwände von Korkgeweben bezeichnet. Korkzellen sind tafelförmig ausgebildet. Im Anschliff ergibt sich dadurch das Bild rechteckiger, langgestreckter Zellen. Die Zellumina sind oft mit Corpohuminiten ausgefüllt, können aber auch leer sein.

Algininit besteht aus Resten von Algen und Algenkolonien. Er zeichnet sich durch seine charakteristische Struktur und besonders intensive Fluoreszenz aus.

Resinite sind meist aus Zellexkreten hervorgegangen. In der Kohle findet man sie vor allem als Zellausfüllungen in situ oder isoliert. Ihre Form ist im Anschliff meist kreisrund bis oval. Resinite sind neben Algininit die am intensivsten fluoreszierenden Bestandteile der Weichbraunkohlen.

Liptodetrinit ist ein Sammelbegriff für den Detritus der vorgenannten Liptinit-Macerale, der wegen seiner geringen Teilchengröße keinem anderen Liptinit-Maceral zugeordnet werden kann. Außerdem werden figurierte Teilchen unbekannter Herkunft mit geringer Reflexion und starker Fluoreszenz zum Liptodetrinit gestellt. Liptodetrinit tritt in der Regel als Einlagerung in einer humosen Grundmasse auf, kann aber gelegentlich auch die Grundmasse für andere Macerale bilden. Bei Hellfeldbeleuchtung ist er kaum von den Poren im Attrinit zu unterscheiden, hebt sich aber durch seine Fluoreszenz deutlich ab.

2.2.3. Inertinitische Bestandteile

In der Maceral-Gruppe Inertinit werden Macerale zusammengefaßt, die sich bei zunehmender Inkohlung und beim Verkoken weitgehend inert verhalten. Sie zeigen keinerlei Fluoreszenz.

Mit Fusinit werden meist gut erhaltene Gewebereste mit hohem Reflexionsvermögen (gelblich-weiß) bezeichnet. Im Anschliff besitzen sie gegenüber der sie umgebenden humosen Grundmasse ein positives Relief. Semifusinite sind Gewebereste, deren Reflexionsvermögen zwischen dem der Fusinite und dem der Humotelinite liegt.

Macrinit kommt grundmassgebildend oder auch isoliert vor. Sein Reflexionsvermögen entspricht dem des Fusinites, er zeigt aber keine Zellstruktur. Die Größe der isoliert auftretenden Macrinitteilchen, die vorwiegend gerundete Umrissformen haben, liegt meist über 10 μm .

Mit Sclerotinit werden stark reflektierende Pilzreste bezeichnet. Aufgrund ihrer Morphologie kann man Sporen, Sklerotien und Hyphen unterscheiden.

Der Detritus der vorgenannten Macerale der Inertinit-Gruppe wird als Inertodetrinit zusammengefaßt. Trotz seiner geringen Teilchengröße ist er im Anschliff durch sein hohes Reflexionsvermögen leicht vom Humodetrinit zu trennen.

2.3. Die Maceralzusammensetzung der Dörentruper Kohle

Die Maceralanalysen wurden nach den Richtlinien der ICCP-Analysenkommission an hochpolierten, reliefarmen Körnerschliffen durchgeführt. Ausgezählt wurden unter Verwendung von Auflicht-Hellfeld und Auflicht-Fluoreszenzbeleuchtung bei 500-facher Vergrößerung und einem Punkt- und Linienabstand von 0,5 mm (Pointcounter) 500-600 Punkte pro Schliff. Die so erreichbare Genauigkeit beträgt $\pm 2-3$ % absolut für jedes Einzelmacerale (ICCP, 1963). Zusätzlich zu den o.a. Maceralen wurden die anorganischen Bestandteile Quarz, Tonminerale und Pyrit erfaßt (s. Tab. 2-4). Bei den xylitischen Kohlen wurde nur die Matrix zwischen den Xyliten, nicht die Xylite selber untersucht.

Die Macerale der Huminit-Gruppe bestimmen mit ihrem Anteil von 70-90 % den petrographischen Charakter der Dörentruper Braunkohle. Entsprechend dem stark wechselnden Gewebereichtum schwanken die Humotelinitwerte zwischen 3 und 35 %. Hierdurch kommt in erster Linie der Unterschied zwischen Grundmassenkohlen und Gewebegrundmassen- bzw. Gewebekohlen zum Ausdruck. Daneben liegen in der Mittelbank des Flözes die Gewebeanteile durchschnittlich um 5-10 % niedriger als in der Unter- und Oberbank. Der hohe Telinitanteil der makroskopisch als Grundmassenkohle angesprochenen Basisschicht der Oberbank (Dö 19) ist dadurch zu erklären, daß mikropetrographisch kleinste Zellverbände und Einzelzellen zum Textinit bzw. Ulminit gestellt werden, während sie im makroskopischen Aspekt zwangsläufig der Grundmasse zuzurechnen sind. Die Telinite der Gewebegrundmassen- und Gewebekohlen bestehen meist aus größeren i.a. gut erhaltenen Zellverbänden (Taf. 3, Fig. 3-8). Der Vergelungsgrad der Humotelinite ist niedrig (rel. geringe Ulminitanteile).

Attrinit und Densinit bilden die Grundmasse für alle anderen Macerale (Taf. 2, Fig. 1-8). Dementsprechend ist der Humodetrinit mit 45-75 % dominierender Bestandteil aller Schichten. Erwartungsgemäß liegen die Gehalte mit 65-75 % in den Grundmassenkohlen deutlich höher als in den gewebereichen Lithotypen (45-60 %). Der Vergelungsgrad der Grundmasse ist sehr gering (sehr niedrige bis fehlende Densitanteile). Der Attrinit der Grundmassenkohlen besteht zum größten Teil aus einer unfigurierten, schaumig-porösen Substanz. Sie weist im Vergleich mit den anderen Maceralen der Huminit-Gruppe relativ niedriges Reflexionsvermögen auf. Deutlich stärker reflektiert der Attrinit der gewebeführenden Lithotypen. Dieser besteht größtenteils aus figurierten Detrituspartikeln (Zellwandbruchstücken).

Levigelinite treten im Flöz unabhängig von den Lithotypen stets nur mit geringen Prozentwerten auf (≤ 1 %). Lediglich in der Grundmassenkohle an der Basis der Mittelbank steigt der Anteil auf fast 2 % an. Die von den ausgefällten Humusgelen ausgefüllten Risse und Spalten sind nur sehr klein (max. 0,1 x 0,5 mm; Taf. 2, Fig. 1,2).

Porigelinit konnte nur in der Hälfte der untersuchten Proben nachgewiesen werden. Er kommt ausschließlich in den Zellumina von humosen Geweben vor (Taf. 3, Fig. 7,8).

Aus der Gruppe der Humocollinite kommt in Dörentrup dem Corpohuminit die größte Bedeutung zu. Er erreicht Werte bis zu 3,5 %. Stark angereichert ist er in den aschereichen Proben Dö 17 und Dö 22. Der Maceral-Typ Phlobaphinit (Taf. 5, Fig. 7,8) tritt nur sehr sporadisch auf. Die meisten Corpohuminite zeigen im Anschliff \pm kreisrunde Umrissformen und besitzen eine schwache Fluoreszenz. Es handelt sich bei ihnen wahrscheinlich um vollständig durchoxydierte Harze, da sie ähnliche optische Eigen-

schaften (Reflexionsvermögen, Farbe und Intensität der Fluoreszenz) aufweisen, wie die bisweilen bei Resiniten auftretenden Oxydationssäume (Taf. 5, Fig. 6). Die Corpohuminite sind bei einigen Proben in den tonigen Partien seifenartig angereichert (Proben Dö 22, Dö 23; Taf. 3, Fig. 1).

Die Anteile der Liptinit-Macerale sind innerhalb des Flözes großen Schwankungen unterworfen (5-21 %). Eine deutliche Abhängigkeit der Schwankungen von der Art der Lithotypen läßt sich nicht feststellen. Lediglich in den beiden sehr aschereichen Proben Dö 3 und Dö 22 sind die Liptinite angereichert.

Häufigstes nicht detritisches Maceral der Liptinit-Gruppe ist in Dörentrup der Sporinit (Taf. 4, Fig. 5,6,8). Sein Anteil liegt in der Regel bei 1,5-4 %. Die tiefste Probe aus der Flözunterbank ist mit 7,8 % erheblich Sporinit-reicher. Aufgrund ihrer charakteristischen Morphologie heben sich, auch im Anschliff immer erkennbar, zwei Sporinit-Typen von den übrigen ab; die bisaccaten Pollen der Pinaceen (Taf. 4, Fig. 7) und die Pollentetraden der Ericaceen (Taf. 4, Fig. 2). Pinaceen- und Ericaceen-Sporinit kommt in allen untersuchten Proben vor, höhere Anteile werden aber nur in den Grundmassenkohlen an der Basis der drei Flözbänke erreicht.

Cutinit konnte nur in einer Probe prozentbildend nachgewiesen werden. Resinit und Suberinit treten zwar regelmäßig auf, erreichen aber nie 1 %. Fast alle Resinite zeigen, unabhängig von den Lithotypen in denen sie vorkommen, Oxydationssäume (Taf. 5, Fig. 6). Der Suberinit ist nur selten in größeren Zellverbänden erhalten (Taf. 5, Fig. 7,8). Meist sind nur zwei bis drei zusammenhängende Zellen in die atrinitische Grundmasse eingelagert.

Wichtig für die fazielle Analyse ist der Nachweis von Alginit in der Dörentrupe Kohle (Taf. 4, Fig. 1-4). Es wurden zwar stets nur geringe Prozentwerte ermittelt (0,2-0,3%), Alginit tritt aber in allen untersuchten Lithotypen auf. Bemerkenswert ist die Zunahme des Alginits vom Liegenden zum Hangenden des Flözes. In der Liegendbank kommt er nur in zwei von fünf Proben prozentbildend vor, in der Mittelbank in vier von sieben und in der Hangendbank in fünf von sechs Proben.

	Dö 3	Dö 4	Dö 5	Dö 6	Dö 7
Textinit	2,5	22,4	21,4	22,3	20,3
Ulminit	0,5	6,9	4,0	0,9	2,9
Attrinit	66,2	57,3	50,2	58,3	48,5
Densinit	0,8	2,1	0,9	0,4	0,3
Levigelinit	---	1,4	0,5	---	0,4
Porigelinit	0,8	---	---	---	0,5
Corpohuminit	0,5	1,6	1,6	0,8	0,5
Huminit-Gruppe	71,3	91,7	78,6	82,7	73,4
Sporinit	7,8	1,4	2,6	2,6	4,1
Cutinit	---	---	---	---	---
Resinit	0,5	---	0,2	---	0,7
Suberinit	---	0,7	0,5	0,2	---
Alginit	---	---	0,2	---	0,3
Liptodetrinit	12,4	2,8	5,3	6,3	8,0
Liptinit-Gruppe	20,7	4,9	8,8	9,1	13,1
Fusinit	0,5	0,9	5,1	2,0	6,4
Semifusinit	0,2	0,2	0,5	0,4	---
Macrinit	---	---	0,7	0,6	1,0
Sclerotinit	0,2	0,2	1,4	0,4	0,7
Inertodetrinit	7,1	2,1	4,9	4,8	5,4
Inertinit-Gruppe	8,0	3,4	12,6	8,2	13,5
Quarz	9,6	---	0,2	0,2	1,9
Tonminerale	34,8	2,4	0,9	1,1	1,7
Pyrit	0,8	0,2	0,2	0,7	---
Minerale	45,2	2,6	1,3	2,0	3,6

Tab. 2: Mikropetrographische Zusammensetzung der Proben aus der Unterbank des Dörentrupe Flözes (Angaben in Vol. % der organischen Substanz).

	Dö11	Dö12	Dö13	Dö14	Dö15	Dö16	Dö17
Textinit	7,3	7,7	17,3	12,7	17,5	19,1	12,1
Ulminit	3,7	1,6	3,8	2,9	2,1	1,0	1,4
Attrinit	73,5	74,2	54,3	60,3	58,2	45,9	66,0
Densinit	---	0,3	1,4	0,5	0,8	0,5	0,5
Levigelininit	1,8	1,9	0,5	0,7	0,9	0,2	---
Porigelininit	---	---	---	---	0,4	0,3	---
Corpohuminit	---	1,6	0,7	0,9	0,6	1,0	2,3
Huminit-Gruppe	86,3	87,3	78,0	78,0	80,5	68,0	82,4
Sporinit	1,8	1,6	1,6	3,6	2,8	4,1	1,8
Cutinit	---	---	---	---	---	---	---
Resinit	---	0,3	0,7	0,2	0,2	0,5	---
Suberinit	---	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,9
Alginit	---	0,3	0,2	---	0,2	0,3	---
Liptodetrinit	10,1	6,1	5,7	5,8	5,8	6,7	3,6
Liptinit-Gruppe	11,9	8,6	8,4	9,8	9,2	11,9	6,3
Fusinit	---	---	6,9	3,6	4,5	7,6	3,6
Semifusinit	0,9	---	1,4	0,9	0,4	0,7	0,9
Macrinit	---	0,3	0,3	0,5	1,1	0,7	1,4
Sclerotinit	---	0,3	0,7	0,7	0,2	1,5	---
Inertodetrinit	0,9	3,5	4,3	6,5	4,1	9,6	5,4
Inertinit-Gruppe	1,8	4,1	13,6	12,2	10,3	20,1	11,3
Quarz	224,8	60,0	1,9	0,4	0,4	0,2	105,4
Tonminerale	8,3	6,1	0,2	1,6	0,4	0,7	1,4
Pyrit	3,7	0,6	0,3	---	1,3	---	0,9
Minerale	236,8	66,7	2,4	2,0	2,1	0,9	107,7

Tab. 3: Mikropetrographische Zusammensetzung der Proben aus der Mittelbank des Dörentruper Flözes (Angaben in Vol. % der organischen Substanz).

	Dö19	Dö20	Dö21	Dö22	Dö23	Dö24
Textinit	19,3	27,9	29,6	11,5	26,1	18,4
Ulminit	0,7	1,0	5,5	3,0	1,9	5,1
Attrinit	60,7	48,3	44,3	55,4	52,6	50,4
Densinit	---	---	1,0	0,5	1,0	1,0
Levigelininit	---	0,2	0,6	0,5	---	0,5
Porigelininit	0,9	0,2	0,8	0,2	0,2	---
Corpohuminit	1,5	---	1,8	3,5	1,4	0,5
Huminit-Gruppe	82,9	77,6	83,6	74,6	83,2	75,9
Sporinit	2,5	4,0	2,6	3,4	1,7	2,5
Cutinit	---	---	---	---	0,2	---
Resinit	---	---	0,6	0,7	0,2	---
Suberinit	---	0,8	0,6	0,2	0,2	0,3
Alginit	0,2	---	0,2	0,2	0,2	0,2
Liptodetrinit	7,0	4,8	4,9	9,6	3,9	5,7
Liptinit-Gruppe	9,7	9,6	8,9	14,1	6,4	8,7
Fusinit	1,1	4,6	2,2	2,8	5,0	4,9
Semifusinit	0,7	1,1	---	0,2	0,8	1,1
Macrinit	0,2	0,8	0,6	0,5	2,3	0,5
Sclerotinit	0,2	0,2	0,4	1,1	---	0,7
Inertodetrinit	5,2	6,1	4,3	6,7	2,3	8,2
Inertinit-Gruppe	7,4	12,8	7,5	11,3	10,4	15,4
Quarz	23,1	6,9	0,4	2,1	1,5	0,7
Tonminerale	1,1	0,2	4,3	23,2	5,8	0,8
Pyrit	1,3	0,6	0,2	---	0,4	0,2
Minerale	25,5	7,7	4,9	25,3	7,7	1,7

Tab. 4: Mikropetrographische Zusammensetzung der Proben aus der Oberbank des Dörentruper Flözes (Angaben in Vol. % der organischen Substanz).

Liptodetrinit stellt neben dem Sporinit den Hauptteil der Protobitumina. Die Werte schwanken stark zwischen 2,8 und 12,4 %. Er kommt in Dörentrup nie grundmassbildend vor, sondern ist stets in die humose Grundmasse eingebettet (Taf. 2, Fig. 1-8). Die höchsten Liptodetrinit-Anteile werden jeweils in den Grundmassenkohlen an der Basis der drei Flözbänke erreicht.

Die Dörentrupe Kohle ist verglichen mit anderen tertiären Weichbraunkohlen ungewöhnlich Inertinit-reich (vgl. v.d. BRELIE & WOLF, 1981; KLEIN-REESINK, RIEGEL & SCHAUB, 1982). Die höchsten Inertinitgehalte (13-20 %) sind den gewebereichen Lithotypen in den mittleren und höheren Bereichen der einzelnen Flözbänke zuzuordnen, wie auch schon makroskopisch durch die Abschätzung des Fusitgehaltes der einzelnen Schichten festgestellt werden konnte.

Der Fusinit (Taf. 5, Fig. 1) ist neben dem Inertodetrinit das häufigste Maceral der Inertinit-Gruppe. Die Werte schwanken zwischen 0 und 7,6 %. Die Grundmassenkohlen weisen mit 0 bis 1 % nur sehr niedrige Fusinitgehalte auf, während die höchsten Werte in den Gewebegrundmassen- und Gewebekohlen erreicht werden. Das dickwandigere Spätholz ist meist in unzerbrochenen größeren Gewebverbänden erhalten. Das dünnwandige Frühholz ist meist zerbrochen und zeigt dann die für Fusinite typische Bogenstruktur (Taf. 5, Fig. 2).

Semifusinit, Macrinit (Taf. 5, Fig. 4) und Sclerotinit (Taf. 5, Fig. 3) sind regelmäßige Bestandteile der Dörentrupe Kohle. Macrinit und Sclerotinit haben in den Grundmassenkohlen die niedrigsten Werte. Zum Hangenden der Flözbänke werden sie im Schnitt häufiger und in den höchsten Proben nehmen die Werte wieder etwas ab. Der Sclerotinit ist meist schlecht erhalten. Häufig sind stark korrodierte Sclerotien (Taf. 5, Fig. 5).

Der Inertodetrinit (Taf. 3, Fig. 1-3) kann bis zu 10 % der organischen Substanz ausmachen. Er ist in fast allen untersuchten Proben mit mittleren bis hohen Anteilen vorhanden. Nur in der sehr Inertinit-armen Probe Dö 11 wird 1 % nicht erreicht. Die Inertodetrinitwerte zeigen innerhalb der einzelnen Flözbänke keine charakteristischen Schwankungen, die Hinweise zur Flözgenese geben könnten.

Häufigste mineralische Verunreinigung in der Dörentrupe Kohle ist Quarz (Taf. 2, Fig. 5,6). Er erreicht seine höchsten Werte an der Basis der jeweiligen Flözbänke. Die Kohlen aus den gewebereichen Schichten der mittleren Bankbereiche enthalten stets nur geringe Mengen an Quarz. In Richtung auf die sandigen Zwischenmittel steigt der Quarzanteil wieder deutlich an.

Bei den Tonmineralien sind die gleichen Tendenzen wie beim Quarz zu erkennen. Daneben ist aber auch die Probe Dö 22 aus der Mitte der Flözoberbank stark tonig. Pyrit ist stets nur accessorischer Bestandteil der einzelnen Lithotypen. Er tritt häufig in Form von Framboiden auf, die als vererzte Schwefelbakterien gedeutet werden (SCHNEIDERHÖHN, 1923; FABRICIUS, 1961).

2.4. Beziehungen zwischen Makro- und Mikropetrographie

Nach den Ergebnissen der Maceralanalysen können mikropetrographisch zwei Kohletypen unterschieden werden. Die humodetrinitischen Kohlen an der Basis und bei der Mittelbank am Top der Flözbänke entsprechend den makropetrographisch ausgeschiedenen Grundmassenkohlen. Die Hu-

	GMK	xylitische GMK	GGMK	xylitische GGMK, GK
Humotelinit			++	++
Humodetrinit	++	++		
Corpohuminit		+		
Sporinit	+			
Liptodetrinit	++			
Fusinit			++	++
Macrinit		+	++	++
Sclerotinti			++	++
Minerale	++	++	+	

Tab. 5: Relative Anreicherung mikropetrographischer Bestandteile in Abhängigkeit von den Lithotypen.

motelinit-reichen Kohlen in den mittleren und höheren Teilen der Flözbänke wurden makropetrographisch als Gewebegrundmassen- bzw. Gewebekohlen angesprochen. Die sehr stark wechselnde Xylitführung wirkt sich weder bei den Grundmassen- noch bei den Gewebegrundmassen- und Gewebekohlen auf die mikropetrographische Zusammensetzung der Lithotypen aus (s. Tab. 5; !! die Xylite selber wurden nicht mit beprobt und analysiert, s.o.).

Die Probe Dö 22 zeigt mit ihrem relativ niedrigen Humotelinitgehalt, hohen Sporinit und Corpohuminit-Werten sowie ihrem Mineralreichtum mikropetrographisch eine starke Ähnlichkeit zu den Grundmassenkohlen. Die makroskopische Ansprache als Gewebegrundmassenkohle kann dadurch erklärt werden, daß die Humotelinite in großen intakten Zellverbänden vorliegen. Diese werden auch mit bloßem Auge immer als Gewebereste erkannt, während ein Teil der hohen Humotelinitwerte der übrigen Gewebegrundmassenkohlen auf makroskopisch nicht erkennbare, kleine Zellverbände zurückgeht (vgl. das oben zu Probe Dö 19 Gesagte).

Da die Beurteilung des Grades der Übereinstimmung bzw. der Nicht-Übereinstimmung der Maceralverteilungen (Anteile der verschiedenen Macerale) der untersuchten Proben subjektiv beeinflußt sein kann, wird im Folgenden überprüft, ob sie statistisch signifikant differieren. Zu diesem Zweck werden die bei der Maceralanalyse ausgezählten Bestandteile zunächst zu vier Gruppen zusammengefaßt: Humotelinit, Humodetrinit, Liptinit und Inertinit. Die Verteilungen dieser Gruppen in den einzelnen untersuchten Proben lassen sich in Form von Histogrammen anschaulich darstellen (Abb. 5-7).

Für den Vergleich der Verteilungen wird der von jeder Probe angefertigte Anschliff als Stichprobe betrachtet. Jede Stichprobe ist durch ihre Häufigkeitsverteilung charakterisiert. Nach TILL (1974: 118ff) können derartige, nichtparametrische Verteilungen mit Hilfe des χ^2 - Tests verglichen werden. Dabei wird auf reine und gemischte Gesamtheiten überprüft. Die Grundlage für den Vergleich bilden die Häufigkeiten der „Maceral-Gruppen“ in den Stichproben.

Läßt sich beim Vergleich der Verteilungen die Nullhypothese der Übereinstimmung nicht wiederlegen, wird angenommen, daß die beiden Verteilungen einer homogenen Grundgesamtheit entstammen, d.h., daß zwischen den verglichenen Lithotypen keine signifikanten Unterschiede bestehen. Die Häufigkeitsverteilungen von Stichproben aus heterogenen Gesamtheiten differieren in jedem Fall statistisch signifikant ($\chi^2 > \chi^2_{95\%}$).

Aus Tab. 6 geht hervor, daß sich in Unter- und Mittelbank mit Hilfe des χ^2 -Tests die Trennung zwischen Grundmassenkohlen und Gewebegrundmassen- bzw. Gewebekohlen belegen läßt (s. Abb. 5-7). Eine Unterscheidung von xylitreichen und xylitarmen Lithotypen läßt sich aber nicht durchführen.

Der Vergleich der Häufigkeitsverteilung jeweils benachbarter Stichprobenpaare des Profils Dörentrup ergibt:

Probenpaar	χ^2	Hypothese der Gleichverteilung zurückgewiesen?
Dö 3/Dö 4	33,30	ja $\chi^2 > \chi^2_{99,5\%}$
Dö 4/Dö 5	7,43	nein
Dö 5/Dö 6	1,39	nein
Dö 6/Dö 7	2,84	nein
Dö 11/Dö 12	1,62	nein
Dö 12/Dö 13	12,98	ja $\chi^2 > \chi^2_{99,9\%}$
Dö 13/Dö 14	1,26	nein
Dö 14/Dö 15	1,02	nein
Dö 15/Dö 16	5,06	nein
Dö 16/Dö 17	9,18	ja $\chi^2 > \chi^2_{95,0\%}$
Dö 19/Dö 20	4,86	nein
Dö 20/Dö 21	2,00	nein
Dö 21/Dö 22	11,74	ja $\chi^2 > \chi^2_{99,0\%}$
Dö 22/Dö 23	7,42	nein
Dö 23/Dö 24	1,80	nein

Tab. 6: Anwendung des χ^2 -Tests auf die mikropetrographische Zusammensetzung von Stichproben aus dem Profil Dörentrup.

HUMOTELINIT

LIPTINIT

HUMODETRINIT

INERTINIT

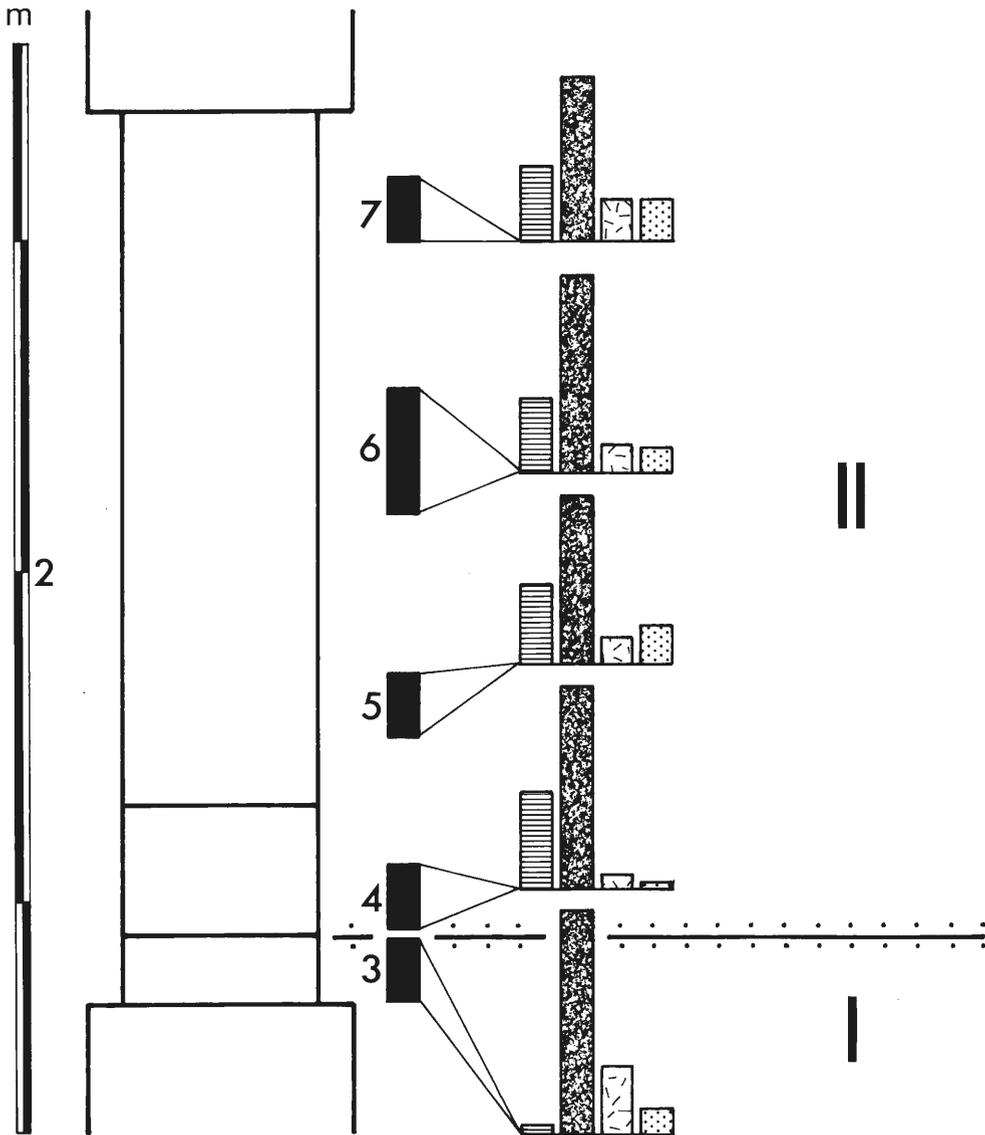


Abb. 5: Relative Häufigkeit der „Maceral-Gruppen“ in den Stichproben und Einteilung der Unterbank in statistisch homogene Bereiche.

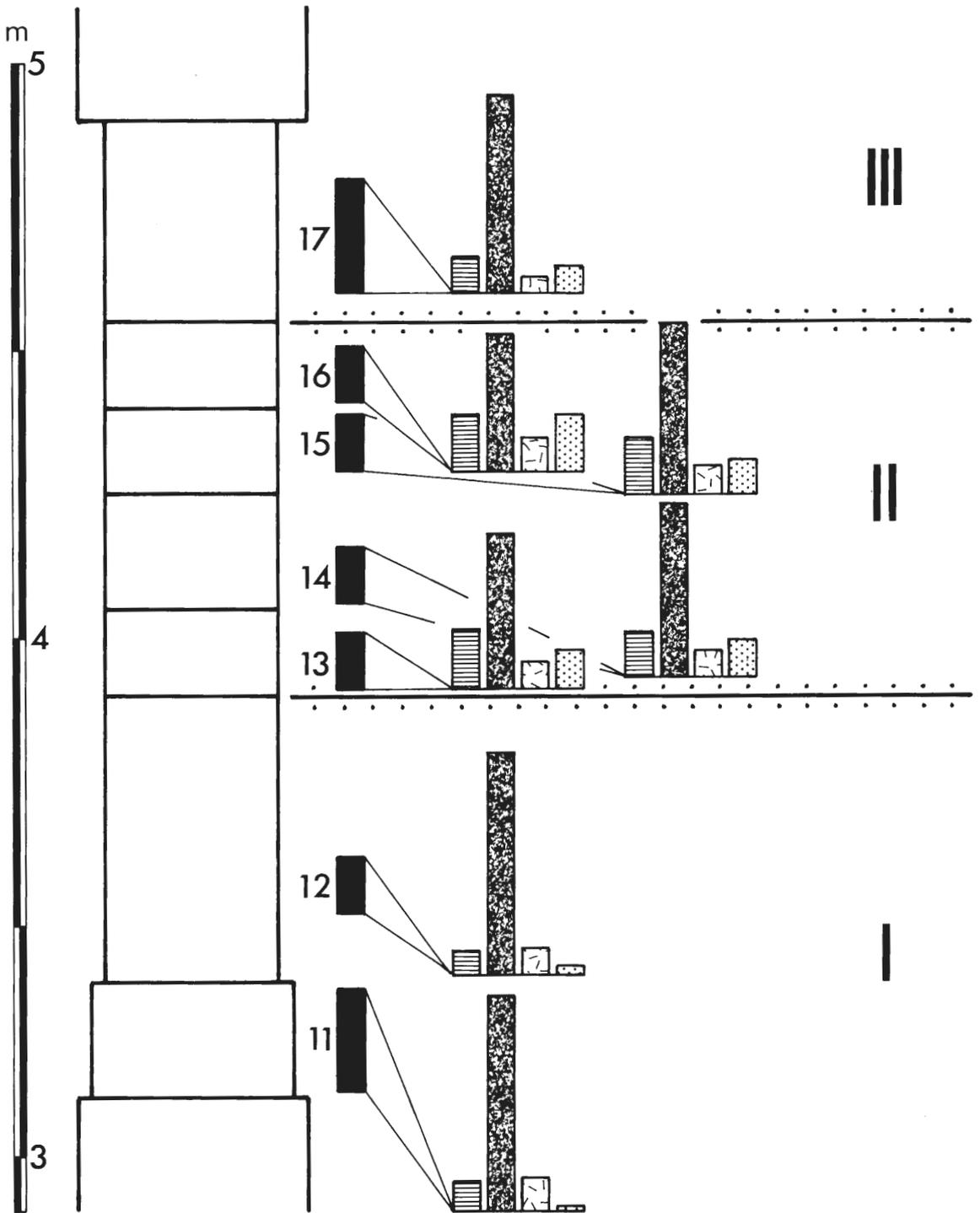


Abb. 6: Relative Häufigkeit der „Maceral-Gruppen“ in den Stichproben und Einteilung der Mittelbank in statistisch homogene Bereiche. (Legende siehe Abb. 5).

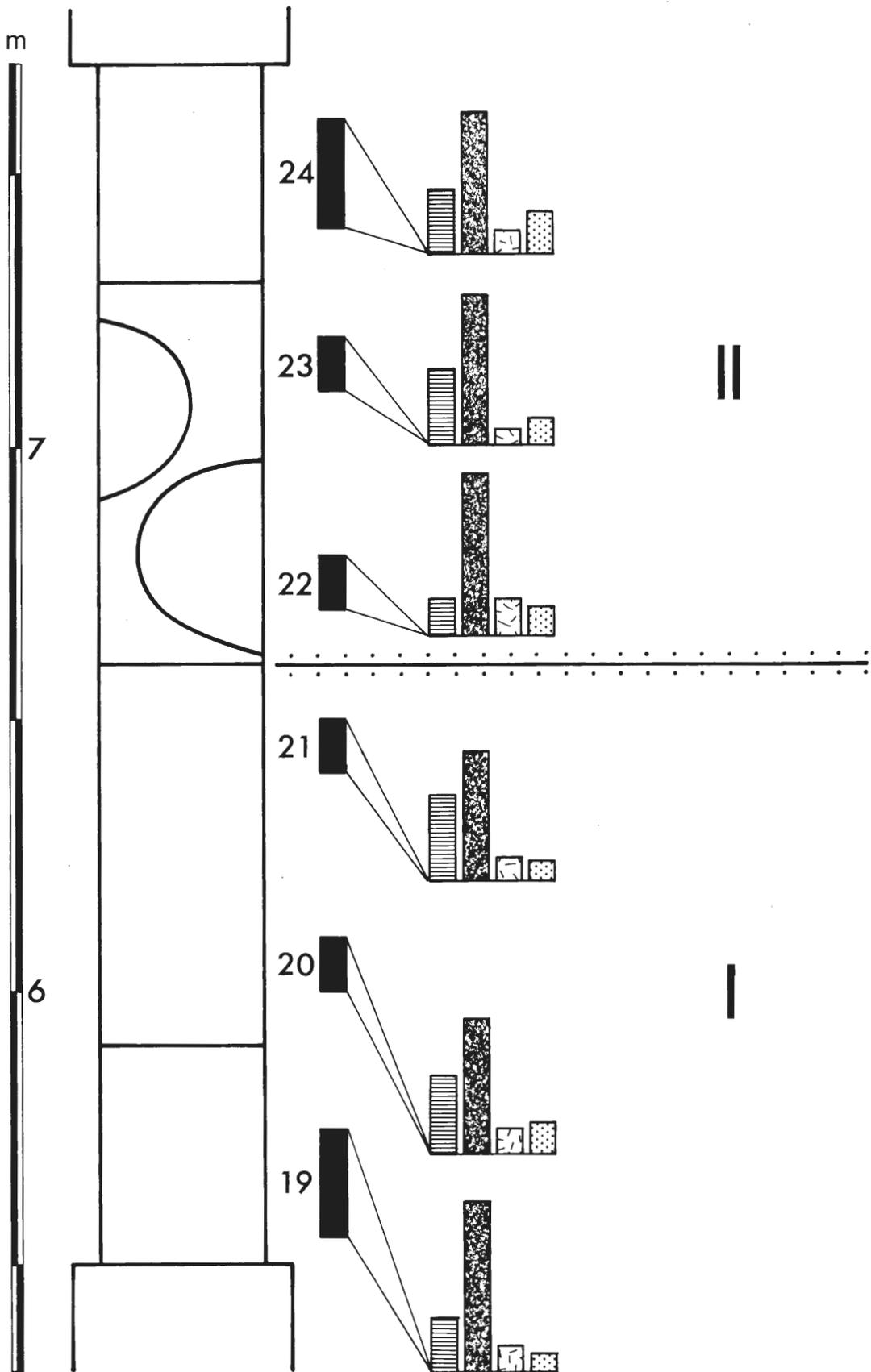


Abb. 7: Relative Häufigkeit der „Maceral-Gruppen“ in den Stichproben und Einteilung der Oberbank in statistisch homogene Bereiche. (Legende siehe Abb. 5).

Bei der Oberbank ergibt sich eine Zweiteilung in der Mitte der Bank. Innerhalb der einzelnen, als homogen angesehenen Bereiche ist aber eine Entwicklung von Humotelinit- und Inertinit-ärmeren zu Humotelinit- und Inertinit-reicheren Lithotypen zu erkennen (Abb. 7). Es zeigt sich somit die gleiche Tendenz, die in Unter- und Mittelbank zur Unterscheidung von Grundmassen und Gewebegrundmassen- bzw. Gewebekohlen führt. Die Verteilungsunterschiede sind in der Oberbank nur nicht so groß, daß die Signifikanzgrenze (95 %) überschritten wird.

3. Physikalisch-chemische Kennzeichnung der Dörentruper Kohle

3.1. Aschegehalt

Die Aschegehalte der Dörentruper Kohle wurden nach der ISO-Norm 1171 (MONTGOMERY, 1978: 204) durch Glühen im Muffelofen bei einer Maximaltemperatur von $815 \pm 10^\circ\text{C}$ bestimmt. Die so ermittelten Aschegehalte (= Glührückstände) können aber nicht mit dem wahren Mineralgehalt einer Kohle gleichgesetzt werden. Bei tonhaltigen Proben bewirkt die Abgabe des Hydratwassers aus den Tonmineralien, daß die ermittelten Glührückstände unter dem wirklichen Mineralgehalt liegen. Genauso wirkt sich das bei der thermischen Zersetzung von Karbonaten freigesetzte CO_2 aus.

Der Aschegehalt ist wichtig für die Klärung der Genese einer Kohle, wird aber meist bestimmt, um ihre technologischen Eigenschaften vorherzusagen. So nimmt nach KLIEBAHN (1961: 43) die bindemittellose Brikettierbarkeit bei Braunkohlen mit steigendem Aschegehalt ab. In der Braunkohlenklassifikation der DDR sind nur Kohlen mit Aschegehalt $< 15\%$ brikettierwürdig (KÜNSTNER et. al., 1980: 299).

Nach SEIFERT & RASCHER (1979) sind Braunkohlen mit Aschegehalten von 0-25 % als Kohle, und von 25-50 % als Mineralkohlen zu bezeichnen. Bei Aschegehalten von 50-75 % sind die Bezeichnungen Braunkohlensand, – schluff oder – ton zu verwenden. Demgegenüber sprechen andere Autoren noch bei Aschengehalten von 40-50 % von „Kohle“ (KOCH, 1966: 56). In der Bodenkunde benutzt man nach neuerer Auffassung bei Aschegehalten von 0-25 % den Begriff Moor, bei 25-85 % Anmoor und bei 85-100 % Mineralboden (GÖTTLICH, 1980). Da keine eindeutigen Grenzwerte festgelegt sind und keine Beurteilung der technologischen Eigenschaften vorgenommen werden soll, werden in der vorliegenden Arbeit die untersuchten Lithotypen ohne Rücksicht auf den Aschegehalt mit der Bezeichnung Kohle belegt.

Die Aschegehalte der Dörentruper Kohle sind sehr starken Schwankungen unterworfen (s. Abb. 8), die in enger Beziehung zu den Lithotypen und deren Genese zu sehen sind. Auffallend sind die hohen Aschegehalte der Grundmassenkohlen an der Basis der drei Flözbänke. Hierin zeigt sich, daß kein abrupter Wechsel der Sedimentationsbedingungen die Flözbildung einleitet. Vielmehr wird die fluviatile Sandsedimentation (s.u.) allmählich durch zunehmende Vermischung der Sande mit organischem Material aus dem Bildungsraum des Flözes verdrängt. Diese Tendenz läßt sich schon im Nebengestein in der Abfolge weißer Sand - graubrauner Sand erkennen, da die graubraune Farbe durch den Sandkörnern anhaftende Humuspartikel zu erklären ist.

Mit dem Einsetzen der Gewebegrundmassen- bzw. Gewebekohlen sinken die Aschegehalte in der Unter- und der Mittelbank rapide auf Werte von 10-15 %. Hieraus ist zu entnehmen, daß das fluviatile Regime seinen Einfluß auf den betrachteten Ablagerungsraum weitgehend verloren hat. In Richtung auf die Zwischenmittel steigen die Aschegehalte wieder an. In der Probe Dö 17 wird mit fast 70 % wieder ein Wert erreicht, der größenordnungsmäßig dem der Grundmassenkohlen an der Basis der Flözbänke entspricht. In dieser Zunahme der mineralischen Bestandteile spiegelt sich die allmähliche Rückkehr der fluviatilen Sandsedimentation wieder. Das Fehlen einer Dö 17 entsprechenden Schicht in der Unterbank kann auf die Erosionsphase, die vor der Ablagerung der Zwischenmittelsande liegt (KLEIN-REESINK & MINNIGERODE, 1983), zurückgeführt werden.

Die Oberbank zeigt zunächst die gleiche Abfolge wie Unter- und Mittelbank. Auf die aschereiche Grundmassenkohle folgen ascheärmere und gewebereichere Lithotypen. In der Bankmitte steigt der Aschegehalt aber unvermittelt wieder auf über 40 % an. Dieser hohe Wert wird im Gegensatz zu den Grundmassenkohlen nicht durch Quarzsand, sondern durch Tonmineralien verursacht.

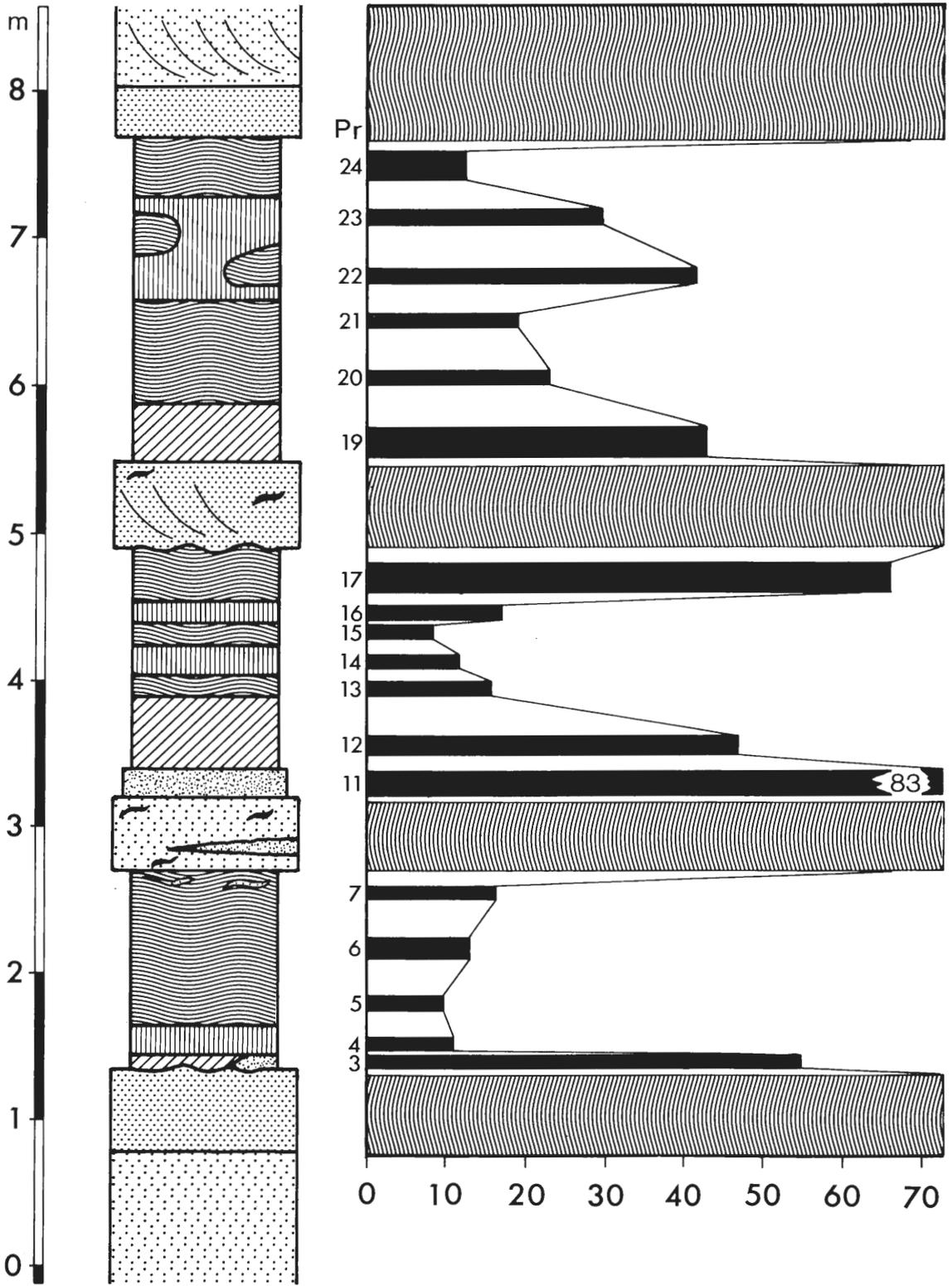


Abb. 8: Aschegehalte der Dörentruper Kohle.

Für das Ablagerungsmilieu der durch Probe Dö 22 repräsentierten Schicht sind demnach zwar sehr feuchte, aber keine ausgeprägt fluviatilen Bewegtwasser-Verhältnisse zu erwarten. Zum Hangenden der Oberbank nimmt der Aschegehalt langsam wieder auf 13 % ab.

In den Hangendschichten ist die umgekehrte Abfolge wie in den Liegendschichten entwickelt. Auf die Kohle folgen graubraun gebänderte und dann weiße Sande.

Durch die Ergebnisse der Aschegehaltsbestimmung kann die aus den petrographischen Daten ermittelte und mit statistischen Methoden abgesicherte Unterteilung der Flözbänke weiter untermauert werden. Der Bereich I der Unterkohle entspricht den aschereichen, der Bereich II den aschearmen Lithotypen. In der Mittelbank ist die Dreiteilung durch die Abfolge aschereich – aschearm – aschereich belegt. Die Zweifache Folge aschereich – aschearm in der Oberbank zeigt sich auch mikropetrographisch in einer Zweiteilung der Ablagerungen (s. Abb. 5-7).

3.2. Wassergehalt

Auf die Bestimmung des Gesamtwassergehaltes wurde verzichtet, da das untersuchte Flöz durch den Anschnitt in der Sandgrube lange Zeit entwässert wurde. Ermittelt werden konnte aber der Wassergehalt der lufttrockenen Kohle, d.h. das hygroskopisch gebundene Wasser, durch Trocknen bei 105°C im Trockenschrank.

Der Gehalt an hygroskopischem Wasser wird einerseits durch die Wasseraufnahmefähigkeit der organischen Substanz bestimmt, die bei den einzelnen Mikrokomponenten wie Huminiten, Liptiniten und Inertiniten unterschiedlich ist. Andererseits wirken sich die wechselnden Mineralgehalte durch ihr im Vergleich zur organischen Substanz und zum Wasser erheblich höheres spezifisches Gewicht und ihre unterschiedliche Hygroskopizität stark auf den Wassergehalt aus. Mit steigendem Auschegehalt hängt die Menge des hygroskopischen Wassers immer stärker von den Eigenschaften der mineralischen Beimengungen ab. Nach KOCH (1966: 51ff) sind die Wassergehalte von Schieferkohlen und Torfen bis zu einem Aschegehalt von 25 % unabhängig vom Anteil an Mineralstoffen, von etwa 40 % an besteht praktisch eine direkte Abhängigkeit vom Aschegehalt.

Trägt man das hygroskopische Wasser gegen die Profilsäule auf, ergibt sich für die Dörentrupe Kohle ein zu den Aschegehalten gegenläufiges Bild. Die Grundmassenkohlen sind wasserarm, die gewebereichen Lithotypen wasserreich.

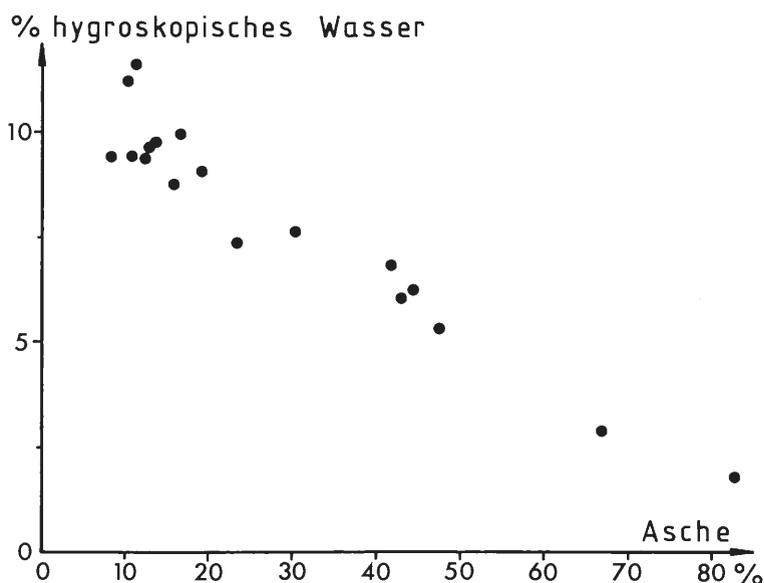


Abb. 9: Abhängigkeit zwischen Aschegehalt und Gehalt an hygroskopischem Wasser.

Im Diagramm Aschegehalt – Wassergehalt zeigt sich ein nahezu linearer Zusammenhang für die Proben mit mehr als 25 % Asche. Bei einem Aschegehalt < 20 % schwanken die Werte für hygroskopisches Wasser unabhängig vom Mineralgehalt zwischen 8 und 12 %. Die für Dörentrup ermittelten Werte ordnen sich zwanglos an den unteren Rand der von KOCH (1966: Abb. 6) für Torfe und Schieferkohlen angegebenen Bande an.

3.3. Chemische Zusammensetzung und Inkohlungsgrad

MESTWERDT (1910: 186) gibt die Zusammensetzung der xylitischen Kohlen, die in Dörentrup den Hauptteil des Flözes ausmachen, wie folgt an:

	grubenfeucht	wasser- und aschefrei
Hygroskopisches Wasser	17,3 %	---
Asche	10,4 %	---
Kohlenstoff	46,4 %	64,1 %
Wasserstoff	3,4 %	4,7 %
Sauerstoff	21,8 %	30,1 %
Schwefel	0,7 %	0,9 %
	100,0 %	99,9

Tab. 7: Chemische Zusammensetzung der Dörentruper Kohle.

Aus der chemischen Zusammensetzung läßt sich näherungsweise der Inkohlungsgrad einer humosen Kohle abschätzen, indem man sie mit Durchschnittswerten verschieden hoch inkohlter organischer Substanzen (s. Tab. 8) vergleicht.

	C	H	O	N
Holz	50	6	43	1
Torf	60	6	32	2
Braunkohle, jung	67	5	27	1
Braunkohle, alt	73	5	21	1
Steinkohle	82	5	12	1
Anthrazit	94	3	3	Spuren

Tab. 8: Chemische Zusammensetzung verschieden hoch inkohlter organischer Substanzen (nach STECKHAN, 1952).

Die Dörentruper Kohle ordnet sich zwischen die jungen, gering inkohlten Braunkohlen und Torf ein. Zieht man die für Weichbraunkohlen ungewöhnlich hohen Inertinitgehalte der Dörentruper Kohle in Betracht, die aufgrund ihres Kohlenstoffreichtums den C-Gehalt der Gesamtkohle erhöhen und ihren H-Gehalt erniedrigen, wird der niedrige Inkohlungsgrad noch deutlicher.

Zur genaueren Eingrenzung des Inkohlungsgrades wurde die spektrale Zusammensetzung des Fluoreszenzlichtes von 10 Sporiniten aus der Probe Dö 3 im Bereich von 400-700 nm nach der von OTTENJANN et al. (1974) und OTTENJANN (1980) beschriebenen Methode gemessen. Die Durchschnittskurve wird durch die Maximallage Lambda max bei 500nm, den Rot-Grünquotienten Q von 0,32 und einen starken Anstieg der Intensitäten im Bereich kurzer Wellenlängen charakterisiert. Nach OTTENJANN et al. (1974) und von GIJZEL (1979) ist eine derartige Kurve typisch für Sporinite aus Torfen. Somit kann sowohl mit chemischen, als auch mit mikrophotometrischen Methoden der sehr niedrige Inkohlungsgrad der Dörentruper Kohle belegt werden.

Der Heizwert ist mit 22 200 kJ/kg bezogen auf wasser- und aschefreie Substanz mit dem der rheinischen Braunkohle vergleichbar. Neben dem Heizwert ist der Gehalt an mit organischen Lösungsmitteln extrahierbaren Substanzen wichtiger Qualitätsparameter einer Kohle. Die mit Benzol, Benzol + Alkohol, Äther u.a. aus der Kohle löslichen Bestandteile werden von JACOB (1960) als Extraktbitumen

bezeichnet. Aus der Dörentruper Kohle wurden drei unterschiedliche Lithotypen mit Benzol im Soxhletapparat erschöpfend extrahiert (s. Tab. 9).

Lithotyp	Probe	Extrakt (roh)	Extrakt (wf)	Extrakt (waf)
Grundmassen-kohle	Dö 19	2,2 %	2,9 %	5,2
Gewebegrund-massenkohle	Dö 4	2,7 %	4,0 %	4,5
xylitische Gewebekohle	Dö 20	3,4 %	4,3 %	5,6%

Tab. 9: Extraktbitumengehalte der Dörentruper Kohle.

Die Bitumengehalte der Dörentruper Kohle sind damit im Vergleich zu industriell extraktionswürdigen Lagerstätten wie Borken/Hessen mit 14-15 % (wf) oder Nachterstedt/Sachsen mit 11-18 % (wf) nur niedrig. Sie entsprechen wie der Heizwert in etwa denen der niederrheinischen Braunkohle, die Bitumengehalte von 2-3 % (wf) aufweist (Vergleichsdaten nach PETER, 1951).

4. Palynologie der Dörentruper Kohle

4.1. Bemerkungen zur Interpretation von Pollendiagrammen in tertiären Ablagerungen

Mit Hilfe der Pollenanalyse werden heute im wesentlichen zwei Ziele verfolgt: 1. Die Parallelisierung von Flözen und 2. die Rekonstruktion der Pflanzenvergesellschaftung und des Biotops zur Zeit der Ablagerung. Im folgenden soll kurz auf die Möglichkeiten und auf die Grenzen bei der Interpretation palynologischer Befunde eingegangen werden.

4.2. Flözparallelisierung

Voraussetzung für eine pollenstratigraphische Gliederung eines Flözes sind Änderungen in der Zusammensetzung des Pollenspektrums während der Ablagerung, die mit einem Standardprofil für diesen Ablagerungsraum korreliert werden. Auf Grund der nur sehr langsam fortschreitenden Klimaänderung im Tertiär (SCHWARZBACH, 1966; SCHAARSCHMIDT, 1968) ist großräumig damit zu rechnen, daß die qualitative Zusammensetzung der Vegetation relativ konstant bleibt. Das einzelne Moor war jedoch während seines Wachstums regionalen ökologischen Änderungen, und damit auch Änderungen in der Zusammensetzung der Pflanzenvergesellschaftung unterworfen. Die hieraus resultierenden Änderungen im Pollenspektrum werden von THOMSON & PFLUG (1952) in Wechsel 1., 2. und 3. Ordnung unterteilt. Unter Wechseln 1. Ordnung versteht man Änderungen in der Vegetation, bedingt z.B. durch Grundwasserspiegelschwankungen, die in einem regional eng begrenzten Raum stattfinden. Diese Wechsel sind für feinstratigraphische Flözuntersuchungen von Bedeutung. Als Wechsel 2. Ordnung bezeichnet man diejenigen, die in größeren zeitlichen Abständen auftreten und sich dann auf größere Räume, z.B. die gesamt Kölner Bucht, auswirken. Wechsel 3. Ordnung umfassen einen Zeitraum in der Größenordnung von 10 Mill.a., und beinhalten nicht nur die zahlenmäßige Änderung einzelner Pollentypen zueinander, sondern auch das Verschwinden bzw. erste Auftreten einzelner Formen.

Bei der Korrelierung von Profilen, die in größeren Abständen voneinander liegen, ist nach v.d.BRE-LIE & REIN (1954) mit einer Genauigkeit von 0,5 bis 2 m zu rechnen.

4.3. Rekonstruktion von Pflanzenvergesellschaftungen

Neben der Möglichkeit der Parallelisierung von Flözen wurde von GOTHAN (1930) erstmalig der Versuch unternommen, die Pollenanalyse auch in den Dienst botanischer und ökologischer Fragestellungen zu stellen. Bei diesem Versuch muß jedoch berücksichtigt werden, daß, anders als im Quartär, wo man ausschließlich Pollen noch lebender Pflanzen findet, im Tertiär eine zweifelsfreie Zuordnung der Sporomorphen zu bestimmten natürlichen Spezies nur in wenigen Fällen möglich ist.

Einen weiteren Unsicherheitsfaktor stellt das eigentliche Pollenspektrum selbst dar. Bei einer qualitativen Zusammensetzung wirft sich zunächst einmal die Frage auf, welche der Komponenten wirklich autochthon sind und welche allochthon, also eingeweht sind. Eine mögliche Antwort auf diese Frage gibt die quartäre Palynologie. So stellten RUDOLPH & FIRBAS (1927) fest, daß mehr als 10 km entfernte Pflanzen für das Pollendiagramm anteilmäßig kaum von Bedeutung sind. TAUBER (1965) zeigt an rezenten Beispielen, daß nur 50 % des Pollens eines Spektrums aus einer Entfernung von mehr als 250 m stammt und nur 5 % des Spektrums von 5-10 km entfernten Standorten eingeweht werden. Inwieweit sich diese Ergebnisse auf die Bedingungen im Tertiär übertragen lassen, bleibt fraglich. Aus der quantitativen Zusammensetzung des Spektrums ergeben sich weitere Unsicherheiten. So stellt RIEGEL (1965) am Beispiel der Florida Everglades fest, daß windblütiger Pollen sowohl durch einen Filtereffekt der dichten Bruchwalddecke als auch durch einen Maskierungseffekt der lokalen Flora mit einem hohen Anteil an insektenblütigen Pflanzen im Bruchwaldbereich zurückgedrängt, in offenen Mooren bzw. Wasserflächen überrepräsentiert sein kann. Als letztes sei an dieser Stelle noch das Problem der unterschiedlichen Pollenproduktion erwähnt. Die Pollenproduktion weist sowohl standortbedingte als auch artspezifische Differenzen auf. Die standortbedingten Unterschiede, die im wesentlichen durch klimatische und edaphische Faktoren bedingt werden, können hier vernachlässigt werden. Artspezifische Unterschiede liegen wesentlich begründet im Verbreitungsmodus der Pflanzen. So produzieren zoogame (tierblütige) Pflanzen erheblich weniger Pollen als anemogame (windblütige). Diese Tatsache erklärt sich aus der gezielten Pollenübertragung durch z.B. Insekten, der die Massenproduktion von Pollen bei den windblütigen Pflanzen gegenüber steht. Aber auch innerhalb der anemogamen Pflanzen kann die Pollenproduktion erheblich differieren. Dies ist sehr schön an einem Beispiel von FAEGRI & IVERSEN (1964) zu sehen. Hier werden unterschiedliche Waldtypen angegeben, die zu gleichen Teilen aus Eichen und einer jeweils anderen Baumart zusammengesetzt sind.

Vegetation	Pollen	
Eiche	50 %	15 %
Kiefer	50 %	85 %
Eiche	50 %	60 %
Buche	50 %	40 %
Eiche	50 %	100 %
Zitterpappel	50 %	---

Tab. 10: Vegetationszusammensetzung und Pollenproduktion (nach FAEGRI & IVERSEN, 1964),

Obwohl also die Pollenanalyse als Mittel zur Rekonstruktion von Pflanzenvergesellschaftungen und damit auch für die Frage nach der Flözgenese mit vielen Unsicherheiten behaftet ist, sollen diese Ausführungen nicht besagen, daß die Palynologie generell nur geringe Aussagekraft hätte. Vielmehr ist in der Pollenanalyse ein wichtiger Parameter zu sehen, der, kombiniert mit anderen Aspekten paläobotanischer oder petrographischer Art, einen wichtigen Hinweis auf die ökologischen Verhältnisse geben kann, die zur Bildung von Kohlelagern geführt haben.

4.4. Aufbereitung für palynologische Untersuchungen

4.4.1. Aufbereitung von Weichbraunkohle

Vor Beginn der eigentlichen Mazeration (= Isolierung der Sporomorphae auf chemischem Wege, wobei die Morphologie der Pollen und Sporen erhalten bleibt) wird das Probenmaterial bei 100°C so lange getrocknet, bis ein konstantes Gewicht erreicht ist. Anschließend erfolgt eine manuelle Zerkleinerung des Materials auf eine Korngröße von ca. 0,5 mm. Für die Mazeration hat sich die Verwendung von HNO₃ und KOH bewährt (MINNIGERODE, 1981).

Eine definierte Menge des Probenmaterials wird ungefähr 5 min. in 6-7 %iger Salpetersäure aufgekocht. Anschließend wird die Probe bis zur Neutralität ausgewaschen (Zentrifuge bei 2700 Umdrehungen). Die bei der Behandlung mit HNO₃ oxydierten Huminstoffe werden im nächsten Schritt durch versetzen der Probe mit 5 %iger Kalilauge gelöst. Nachdem die Probe wieder neutralisiert wurde (Vorgang wie oben), kann der Probenrückstand in Glycerin aufgenommen werden.

4.4.2. Aufbereitung von Sanden und sandiger Kohle

Für die palynologische Untersuchung sandiger Proben ist es notwendig, die kohlige Substanz von der Sandkomponente zu trennen. Bei den vorliegenden Proben bietet sich die Aufbereitung mit Flußsäure an, da es sich bei den Sanden um reine Quarzsande handelt. Etwa 100 g des Probenmaterials werden mit 400 ml HF (38-40 % techn.) versetzt. Erfahrungsgemäß dauert das Auflösen der Silikate 10-14 Tage. Während dieser Zeit empfiehlt es sich, die Proben mehrmals täglich zu schütteln. Sind die Silikate aufgelöst, muß die Probe durch dekantieren und anschließender Zugabe von dest. H₂O neutralisiert werden. Da beim Dekantieren durch einfaches Abgießen die Sporomorphen leicht aufgewirbelt und mit abgegossen werden können, wurde zum Absaugen der überstehenden Flüssigkeit folgende einfache Konstruktion benutzt (Abb. 10).

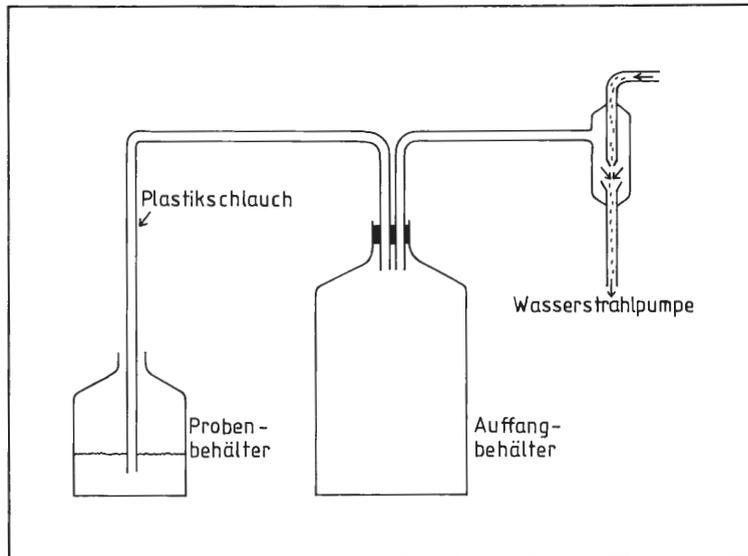


Abb. 10: Konstruktion zum Dekantieren von HF.

Ist die Probe neutralisiert, wird der so separierte kohlige Rückstand wie unter Pkt. 1 beschrieben behandelt.

Für die mikroskopische Untersuchung wurden Flüssigpräparate, Mazerat in Glycerin, hergestellt. Diese Präparate haben gegenüber den Festpräparaten den Vorteil, daß sich die Pollen durch leichten Druck auf das Deckglas bewegen lassen, was oftmals einer einwandfreien Bestimmung sehr dienlich ist. Die Bestimmung und Auszählung der Sporomorphen wurde unter dem Mikroskop bei 250-facher Vergrößerung durchgeführt.

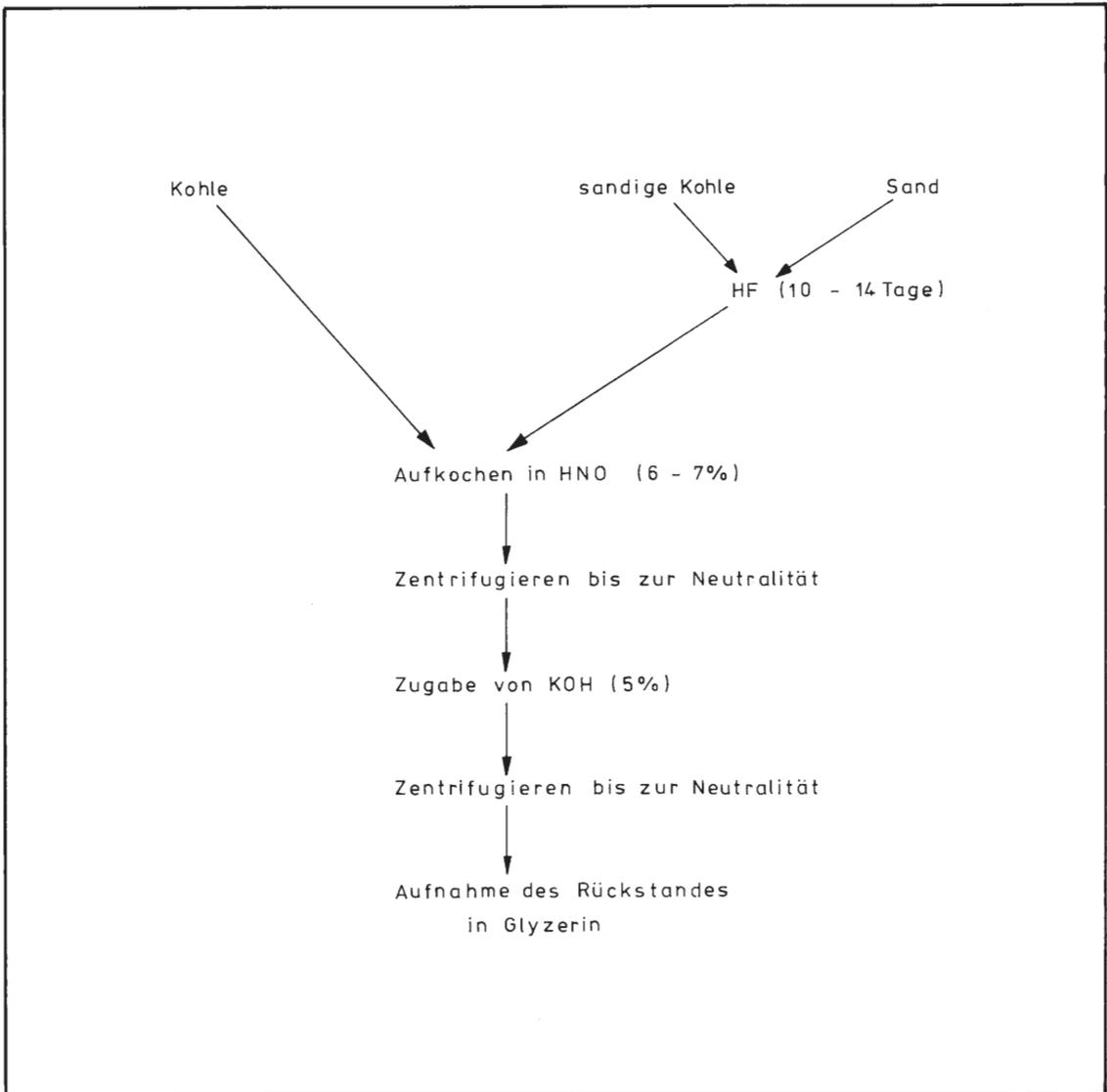


Abb. 11: Aufbereitung für palynologische Untersuchungen.

4.5 Das Pollenspektrum der Dörentruper Braunkohle

In der folgenden Tabelle wird eine Zusammenstellung der wichtigsten Sporomorphen der Dörentruper Braunkohle gegeben, ohne daß damit Anspruch auf Vollständigkeit und taxonomische Endgültigkeit erhoben werden kann. Zweck der palynologischen Untersuchungen ist eine Bestandsaufnahme des Pollen- und Sporenhalts, sowie die Ermittlung spezifischer Vergesellschaftungen und deren Verteilung im Flözprofil.

Bei der angewandten Nomenklatur und Systematik wurde die Arbeit von SONTAG (1966) zu Grunde gelegt. Insgesamt wurden 65 Sporomorphenarten erfaßt, wovon 15 auf Sporen, 10 auf Koniferen und 40 auf Angiospermen entfallen. In nicht eindeutigen Fällen wurde auf die Bestimmung der Spezies verzichtet.

Tab. 11: Verzeichnis der Sporomorphen aus der Dörentruper Braunkohle:

Sporites

Triletes (REINSCH), IBRAHIM 1933

Neogenisporis plicatoides KR. 1962 d
Camarozonosporites POT. 1956 (Taf. 6, Fig. 1,2)
Retriletes annotienoides KR. 1963
Retriletes fsp. (Taf. 6, Fig. 3-5)
Stereisporites minor (RAATZ 1937) W.KR. 1959 b
Stereisporites stereoides KR. 1963 (Taf. 6, Fig. 8)
Stereisporites nochtensis W. KRUTZSCH & SONTAG 1963
Stereisporites spreembergensis W. KRUTZSCH & SONTAG 1963
Stereisporites microgranulus W. KRUTZSCH & SONTAG 1963 (Taf. 6, Fig. 9,10)
Stereisporites granulus W. KRUTZSCH & SONTAG 1963
Echinatisporis miocenicus W. KRUTZSCH & SONTAG 1963
Triplanosporites sinuosus PFLANZL 1955

Monoletes IBRAHIM 1933

Verrucatosporites alienus (R. POT. 1934 d) TH. & PF. 1953
Verrucatosporites secundus
Verrucatosporites fsp.
Reticuloidosporites favus (R. POT. 1931 d) KR. 1957

Laevigatosporites haardtii (R. POT. & VEN. 1934) PF. & TH. 1953 (Taf. 6, Fig. 6,7)

Pollenites
Coniferae

Inaperturopollenites polyformosus (THIERGART 1937) TH. & PF. 1953 (Taf. 6, Fig. 12-15)
Inaperturopollenites hiatus (R. POT. 1934) TH. & PF. 1953 (Taf. 7, Fig. 1-5)
Inaperturopollenites magnus (R. POT. 1934) TH. & PF. 1953
Inaperturopollenites dubius (R. POT. & VEN.) TH. & PF. 1953 (Taf. 7, Fig. 6,7)

Pityosporites SEWARD 1914

Pityosporites labdacus (R. POT. 1937) TH. & PF. 1953 (Taf. 7, Fig. 8,9)
Pityosporites microalatus (R. POT. 1931) TH. & PF. 1953
Pityosporites cedroides (THIERG. 1937) TH. & PF. 1953 (Taf. 7, Fig. 10,11)
Pityosporites absolutus (THIERG. 1937) TH. & PF. 1953 (Taf. 7, Fig. 12)
Pityosporites fsp. (Taf. 7, Fig. 13-15)

Monocolpopollenites serratus (R. POT. & VEN. 1934) TH. & PF. 1953 (Taf. 8, Fig. 1-7)
Ephedripites KR. 1961

Angiospermae

Monocolpopollenites (Palmenpollen) fsp.

Myricaceae

Triatriopollenites excelsus (R. POT.) PF. 1953
Triatriopollenites rurensis PF. 1953 (Taf. 8, Fig. 8)
Triatriopollenites rurobituitus PF. 1953
Triatriopollenites bituitus R. POT. 1931 a
Triatriopollenites myricoides (KREMP) PF. 1953 (Taf. 8, Fig. 9)
Triatriopollenites coryphaeus (R. POT. 1931 a)
Triatriopollenites microcoryphaeus (R. POT. 1931 a)

Betulaceae

Triporopollenites PF. & TH. 1953

Triporopollenites megagranifer (R. POT. 1931a) TH. & PF. 1953
Triporopollenites rhenanus (THOMS. 1950) TH. & PF. 1953
Triporopollenites fsp.

Trivestibulopollenites PF. 1953

Trivestibulopollenites betuloides PF. 1953
Trivestibulopollenites fsp.

Polyvestibulopollenites TH. & PF. 1953

Polyvestibulopollentias metaplasmus (R. POT. 1931 a) (Taf. 8, Fig. 10-12)
Polyvestibulopollenites fsp. (Taf. 8, Fig. 13)

Juglandaceae

Juglans-pollenites-Formengruppe

Juglans-pollenites verus RAATZ 1937
Juglans-pollenites fsp.

Pterocarya-Formengruppe

Polyatrio-pollenites fsp.

Carya-pollenites-Formengruppe

Carya-pollenites fsp.

Platycarya-Engelhardtia-Formengruppe

Pollenites punctatus R. POT. 1931 a
Pollenites quietus R. POT. 1931 c (Taf. 8, Fig. 14)
Pollenites levis R. POT. 1931 b

Ulmoide-Formen

Polyporopollenites fsp.

Symplocaceae

Symplocospollenites R. POT. 1960

Porocolpopollenites TH. & PF. 1953

Porocolpopollenites vestibulum (R. POT. 1931)
Porocolpopollenites fsp.

Tiloide Formen

Intratriporopollenites instructus (R. POT. & VEN. 1934) TH. & PF. 1953

Liquidambar-Formengruppe

Periporopollenites fsp.

Chenopodiaceae

Chenopodiaceae

Tricolporopollenites PF. & TH. 1953

Tricolporopollenites microhenrici (R. POT. 1931 d) KR. 1961 d
Tricolporopollenites henrici (R. POT. 1931) KR. 1961 d (Taf. 8, Fig. 15-17)
Tricolporopollenites edmundi (R. POT. 1931) TH. & PF. 1953
Tricolporopollenites ex gr. nyssoide Formen fsp. (Taf. 8, Fig. 18,19)
Tricolporopollenites dolium (R. POT. 1931 a)
Tricolporopollenites liblarensis (THOMS.)
Tricolporopollenites parmularius (R. POT. 1934)
Oligopollis KR. 1959
Tricolporopollenites cingulum (R. POT. 1931)
Tricolporopollenites pseudocingulum (R. POT. 1931)
Tricolporopollenites pusillus (R. POT. 1934) TH. & PF. 1953 (Taf. 8, Fig. 20)
Tricolporopollenites exactus (R. POT. 1931) TH. & PF. 1953
Tricolporopollenites megaexactus (R. POT. 1931) TH. & PF. 1953
Tricolporopollenites parasper PF. 1953
Tricolporopollenites iliacus (R. POT. 1931 a) TH. & PF. 1953 (Taf. 8, Fig. 20,21)
Tricolporopollenites clavopolatus PF. & TH. 1953
Tricolporopollenites fsp. reticulate Form
Tricolporopollenites retiformis (PF. & TH 1953) KR. 1960
Tricolporopollenites striatoreticulatus KR. 1962
Tricolporopollenites fsp.

Tetradenpollen

Ericipites globosus
Ericipites ericius (R. POT. 1934) (Taf. 9, Fig. 1-4)
Ericipites callidus (R. POT. 1934) (Taf. 9, Fig. 5,6)
 Tetrade cf. *Acastus*

4.5.1. Sporites

Die Spezies der Gattung *Stereisporites* stellen den größten Anteil der Sporites innerhalb der Dörentruper Braunkohle. Sie treten regelmäßig auf (4-7 %); ihr häufigstes Auftreten liegt bei 16 % (Dö 5). Sie lassen sich der Familie der Sphagnaceen zuordnen, der *Sphagnum* als einzige, allerdings sehr artenreiche Gattung angehört. Da *Sphagnum* vielfach im Bereich ombrogener Moore auftritt, ist diese Gattung hinsichtlich der Frage nach der Flözgenese möglicherweise von Bedeutung. Vertreter der Gattungen *Neogenisporis*, *Camarozonosporites*, *Retriletes*, *Echinatisporis* und *Triplanosporites* treten selten, teilweise nur in Einzelexemplaren auf. Bei den monoleten Sporen läßt sich *Laevigatosporites haardti* noch hervorheben. Diese Spezies tritt relativ regelmäßig im gesamten Flözprofil auf mit einem maximalen Anteil von 5,5 % (Dö 6). Sie gehört der Familie der Polypodiaceae an, die bevorzugt in wärmeren Klimaten auftritt. *Verrucatosporites* und *Reticuloideosporites* sind selten und nur unregelmäßig zu beobachten.

4.5.2. Coniferae

In der Dörentruper Braunkohle ist ein relativ hoher Anteil an Koniferenpollen festzustellen (Abb. 12). In Abb. 13 sind die Koniferenpollen in drei Gruppen, *Inapertures*, *Pityosporites* und *Sciadopitys*, zusammengefaßt dargestellt, wobei ihr Anteil an der Gesamtzusammensetzung des Profils gleich 100 % gesetzt wurde.

Die *Inapertures*, hier vertreten durch *Inaperturopollenites polyformosus*, *Inaperturopollenites hiatus*, *Inaperturopollenites dubius* und *Inaperturopollenites magnus* lassen sich in die Familie der Taxodiaceen/Cupressineen stellen. Diese Gruppe erreicht ihre relativ höchsten Anteile (bis 51 %) im Bereich der gebänderten Sande bzw. sandigen Kohlen und den stark xylitischen Kohlen. Relativ niedrige Werte sind im Bereich der weißen Sande und bei den Grundmassenkohlen zu verzeichnen. *Inaperturopollenites polyformosus* und *Inaperturopollenites dubius* sind nach PFLUG & THOMSON (1953) charakteristisch für das jüngere Tertiär.

Unter der Bezeichnung *Pityosporites* werden hier *Pityosporites labdacus*, *Pityosporites microalatus*, *Pityosporites absolutus* und *Pityosporites cedroides* zusammengefaßt. Diese bisaccaten Formen ha-

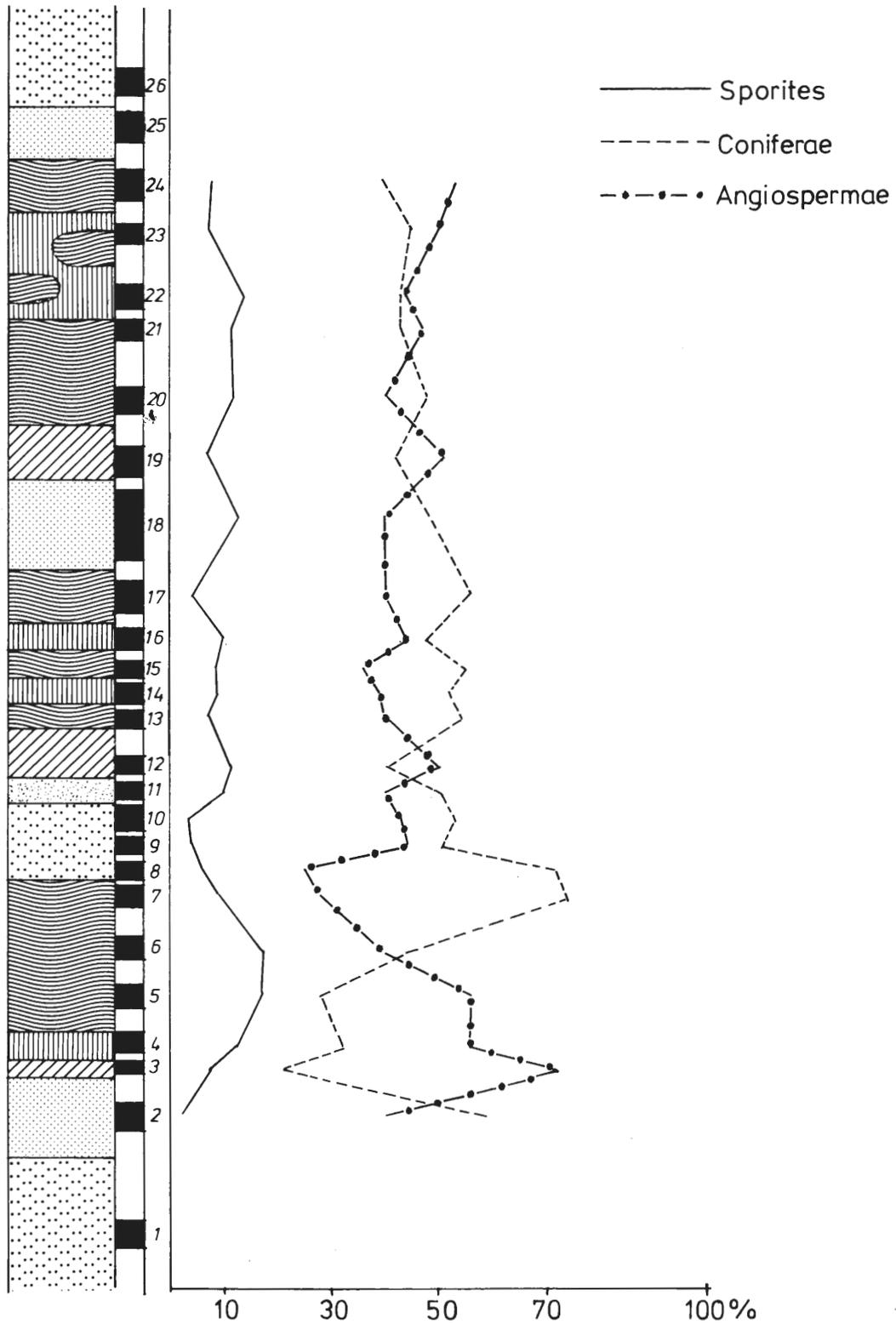


Abb. 12: Allgemeine Übersicht über die Verteilung der Sporomorphen in der Dörentruper Braunkohle.

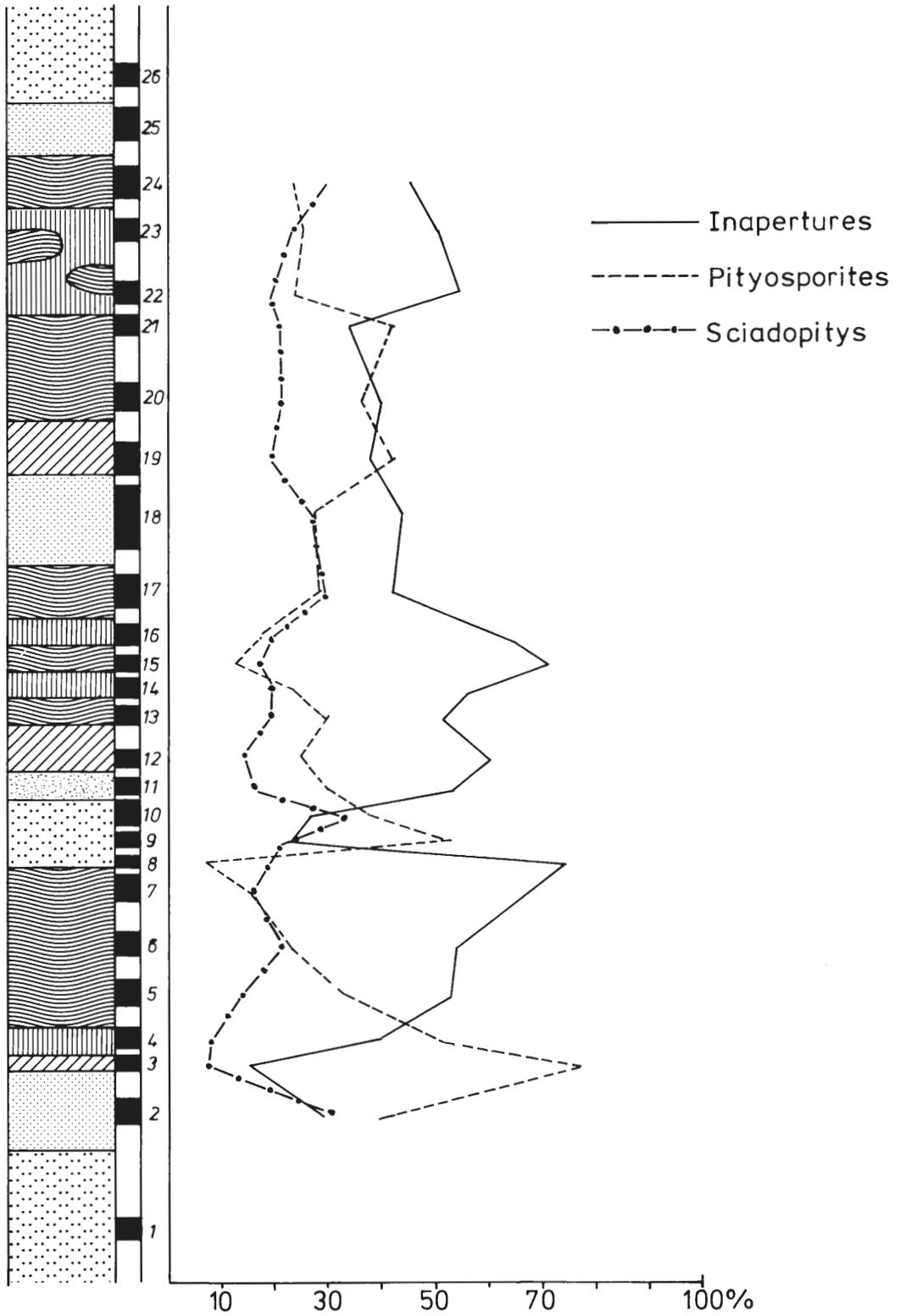


Abb. 13: Verteilung der Coniferae.

ben ihre Hauptverbreitung in der Grundmassenkohle (bis 32 %) und treten in den xylitischen Kohlen nur untergeordnet auf. Für das stratigraphische Verhalten der in dieser Gruppe am stärksten vertretenen Spezies *Pityosporites labdacus* und *Pityosporites cedroides* geben PFLUG & THOMSON (1953) ein regelmäßiges Auftreten im Jungtertiär an.

Die botanische Zugehörigkeit von *Monocolpopollenites serratus* zu *Sciadopitys* darf als sicher angesehen werden. Dieser Pollen ist in größeren Mengen ebenfalls typisch für jungtertiäre Braunkohlen (PFLUG & THOMSON, 1953). Seine höchsten Werte erreicht *Monocolpopollenites serratus* jeweils in den oberen Bereichen der sandigen Schichten (bis 17 %).

Abb. 13 zeigt, daß der Kurvenverlauf für das Auftreten der *Pityosporites* und der *Inapertures* über das gesamte Profil gegenläufig ist. Der Kurvenverlauf für das Auftreten von *Sciadopitys* folgt im unteren und im oberen Drittel des Flözes dem der *Inapertures*, im mittleren Drittel verläuft er parallel zu dem der *Pityosporites*. Die Vergesellschaftung von *Sciadopitys* sowohl mit den *Inapertures* als auch mit den *Pityosporites* wird auch aus den Braunkohlevorkommen der niederrheinischen Bucht beschrieben (v.d. BRELIE & WOLF, 1981).

4.5.3. Angiospermen

Die Angiospermen stellen die artenreichste Gruppe im Dörentruper Flöz dar. Ihr prozentualer Anteil an der Zusammensetzung des Profils beträgt durchschnittlich zwischen 40 % und 50 % (Abb. 12; Abb. 14). In Abb. 14 wurde die Gattung der *Ericipites* der Summe der übrigen Angiospermen gegenübergestellt. Es zeigt sich deutlich die dominierende Rolle der *Ericipites* innerhalb der Angiospermen.

Diese Tetradenpollen, nach PFLUG (1953) ein häufig auftretender Durchläufer, erreichen ihre relativ höchsten Werte im Bereich der dunklen Grundmassenkohlen, hier häufig mit Sphagnaceen vergesellschaftet. Ein stärkeres Auftreten von *Sphagnum*-, Ericaceen- und *Pinus*-Pollen deutet THOMSON (1952a) als Hinweis auf hochmoorartige Bildungen.

Ebenfalls regelmäßig, aber in erheblich geringeren Prozentsätzen, ist das Auftreten von *Monocolpopollenites* (Palmenpollen) zu verzeichnen. Dieser Pollen erreicht durchschnittlich Werte von 0,5 % bis 3 % und ist nur in einer Probe (Dö 8) stärker (7 %) vertreten. Vergesellschaftungen von Palmen und Taxodiaceen, die ebenfalls in Probe 8 angereichert sind, sind rezent aus Nordamerika bekannt.

Nur untergeordnet treten Myricaceen-Pollen (*Triatriopollenites excelsus*, *T. rurensis*, *T. rurobituitus*, *T. bituitus*, *T. myricoides*, *T. coryphaeus* und *T. microcoryphaeus*) auf. Lediglich in den gebänderten Sanden an der Basis (Dö 2) wird ein Wert um 5 % erreicht.

Das gleiche gilt für die Betulaceen-Pollen, häufigste Vertreter sind *Tripoporopollenites rhenanus* und *Polyvestibulopollenites metaplasmus*, deren höchster Wert (8 %) ebenfalls in den gebänderten Sanden (Dö 18) erreicht wird.

Der Formenkreis von *Platycarya* und *Engelhardtia* (*Pollenites punctatus*, *P. quietus*, *P. levis*) bildet nach SONTAG (1966) eine dritte Gruppe der „Dreieckpollen“. PFLUG & THOMSON (1953) stellen diese Gruppe zu den Myricaceen. Ihr Kurvenverlauf im Profil entspricht dem der Myricaceen und Betulaceen, auch hier werden nur durchschnittliche Werte von 0,5 % bis 2 % erreicht. Eine etwas stärkere Anreicherung (3,5 %) ist ebenfalls in den gebänderten Sanden (Dö 2) zu beobachten.

Die *Juglans*-, *Pterocarya*- und *Carya*-Formengruppen haben insgesamt wenig Bedeutung, da sich ihre Präsenz in der Dörentruper Braunkohle in der Regel nur auf Einzelexemplare beschränkt.

Tricolporopollenites henrici und *T. microhenrici* lassen sich nach SONTAG (1966) unter dem Oberbegriff „henricioide Formengruppe“ zusammenfassen. Ihre botanische Zugehörigkeit geben PFLUG & THOMSON (1953) mit „Cupulifere aus der Gattung *Quercus*“ an. Diese Gruppe tritt regelmäßig auf, erreicht ihre höchsten Werte im Bereich der Grundmassen- und Gewebegrundmassenkohlen und tritt in den sandigen Schichten relativ in den Hintergrund.

Die „iliacoide Formengruppe“ (*Tricolporopollenites iliacus*, *T. clavopolatus*) wird in Bezug auf ihre botanische Zugehörigkeit den Aquifoliaceen zugeschrieben. Diese Gruppe tritt regelmäßig, aber nur in geringen Prozenten (0,5 % bis 5 %) auf. Ihr Kurvenverlauf entspricht weitgehend dem der „henricoi-

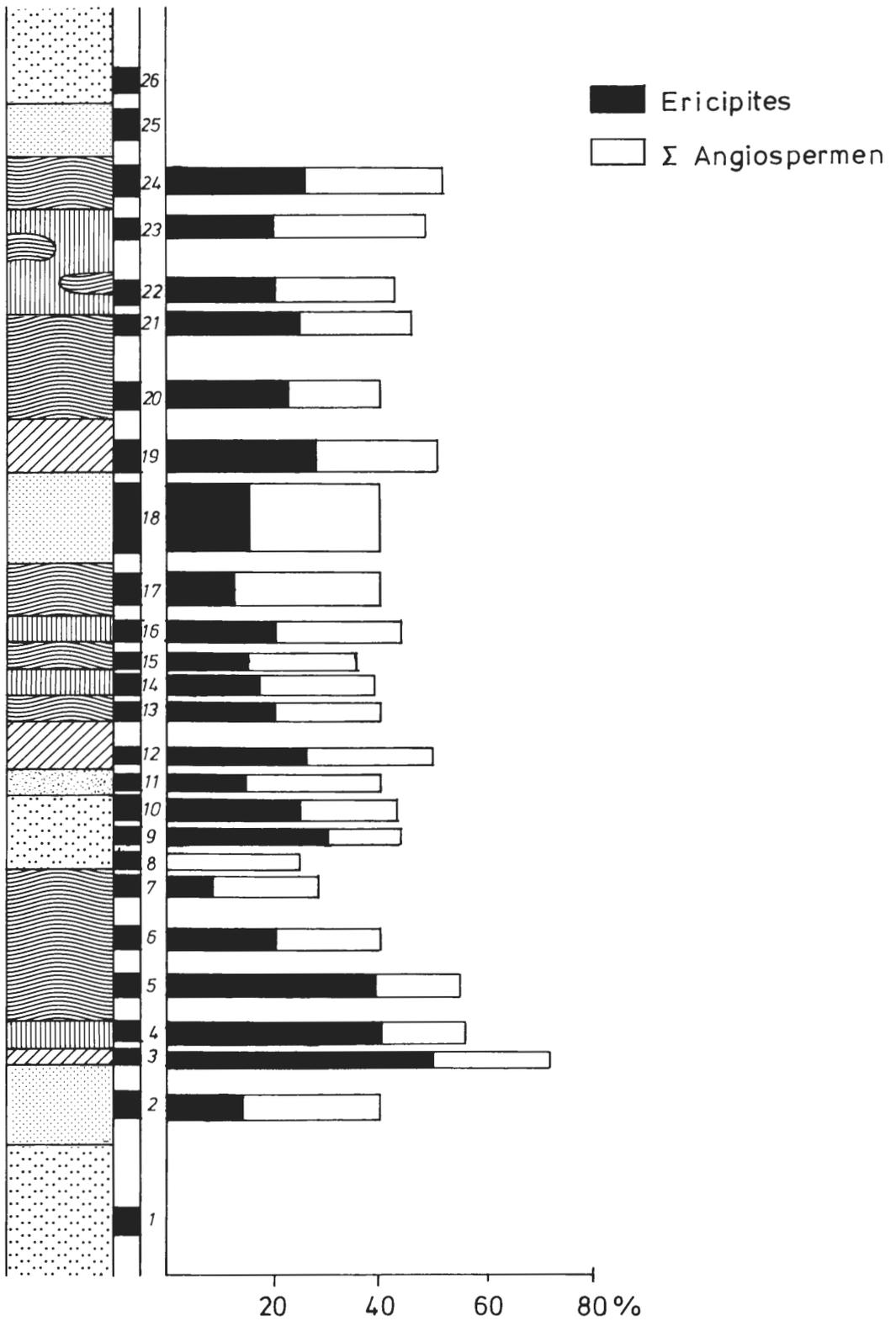


Abb. 14: Anteil der *Eriopites* an der Summe Angiospermae.

den Formengruppe“. Leichte Anreicherungen können im Bereich der Gewebegrundmassenkohle verzeichnet werden.

4.6 Pollen- und Sporenvergesellschaftungen

Aufgrund bestimmter Regelmäßigkeiten in der Zusammensetzung des Pollenbildes der einzelnen makroskopisch unterschiedenen Schichten lassen sich zwei Vergesellschaftungstypen bestimmter Pollenformen für die Dörentruper Braunkohle ermitteln

Die Mikroflora von Typ 1 ist durch hohe bis sehr hohe Anteile an Tetradenpollen, sowie relativ hohe Anteile an Betulaceen-Pollen gekennzeichnet. Außerdem ist für diesen Vergesellschaftungstyp eine Anreicherung der Disaccites und der „henricoiden Formen“ zu beobachten. Sporites treten regelmäßig mit durchschnittlichen Prozentsätzen auf. Daneben ist ein relativ niedriger Anteil an *Inapertures* sowie das völlige Fehlen der *Monocolpopollenites* (Palmenpollen) zu verzeichnen. Auch die Werte der „iliacoiden Formengruppe“ liegen relativ sehr niedrig.

stärkeres Auftreten	stärkeres Zurücktreten
Betulaceen	<i>Inapertures</i>
Disaccites	<i>Monocolpopollenites</i>
<i>Ericipites</i>	
<i>henrici</i> -Formengruppe	<i>iliacus</i> -Formengruppe
Sporites	

Ein vergleichbares Pollenbild beschreibt THOMSON (1952 a) aus der rheinischen Braunkohle. Er deutet das stärkere Auftreten von *Sphagnum*-, Ericaceen- und *Pinus*-Pollen als Hinweis auf hochmoorartige Bildungen. Auch der relativ hohe Anteil an Betulaceen-Pollen und Vertretern der „*henrici*-Formengruppe“ läßt sich in das Bild hochmoorartiger Bildungsbedingungen einordnen. Nach STRASSBURGER (1978: 859) bevorzugen sowohl *Betula* als auch *Quercus* mäßig nasse, stark saure bis saure Standortbedingungen, wie sie in den Randbereichen eines Hochmoores zu finden sind.

Das Pollenbild des Vergesellschaftungstyp 2 unterscheidet sich von dem oben beschriebenen ersten Typ vor allem durch relativen Rückgang der Tetradenpollen sowie durch einen Anstieg der *Inapertures*- und *Sciadopitys*-Anteile. Ebenfalls ein leichter Anstieg gegenüber Typ 1 ist bei den Sporites zu verzeichnen, während die prozentuale Beteiligung der Disaccites und der Betulaceen am Pollenbild etwa gleich bleibt. Bei diesem zweiten Vergesellschaftungstyp läßt sich außerdem ein regelmäßiges, wenn auch geringes Auftreten von *Monocolpopollenites* und der „iliacoiden Formengruppe“ beobachten.

stärkeres Auftreten	stärkeres Zurücktreten
<i>Inapertures</i>	<i>Ericipites</i>
<i>Monocolpopollenites serratus</i>	
Sporites	

Nach AVERDIECK (1976) spricht das Pollenbild von Typ 2 für einen, für das jüngere Tertiär wichtigen Moortyp, das *Sequoia*-Moor. Die Florenvergesellschaftung dieser Waldmoorkohlen ist am ehesten mit der von sommergrünen Laub- und Nadelmischwäldern zu vergleichen. Rezent vergleichbare Vegetationsvergesellschaftungen (*Sequoia*, *Sciadopitys* und Palmen) lassen sich heute noch im Südosten der Vereinigten Staaten (z.B. Florida) finden (RIEGEL, 1965). Zwanglos in dieses Bild läßt sich neben der hohen Beteiligung der *Inapertures* (Taxodiaceen/Cupressineen) und *Monocolpopollenites serratus* (*Sciadopitys*) auch das regelmäßige Auftreten der *Monocolpopollenites* (Palmenpollen) als Bestandteil des *Sequoia*-Moores und der Anstieg der „iliacoiden Formengruppe“ einordnen.

4.7. Vergleich zwischen Makropetrographie und Palynologie

Die Beziehung zwischen den makroskopischen Lithotypen der Dörentruper Braunkohle und dem palynologischen Inhalt läßt sich wie folgt zusammenfassen:

Das Liegende des Flözes wird von den Dörentruper Glassanden gebildet. Diese **weißen Sande** bestehen nach MESTWERDT (1917) zu 99,85 % aus reinem Quarz und sind nahezu sporomorphenfremd (organische Bestandteile 0,07 %). Hieran schließt sich eine Abfolge gebänderter Sande an, die sich im zweiten Drittel (Dö 18) und am Top des Flözes wiederholen. Diese **gebänderten Sande**, eine unregelmäßige Abfolge weißer und kohligter Sande, zeigen nur wenig Gemeinsamkeiten im Pollenbild. Übereinstimmungen im Pollenspektrum lassen sich vor allem bei einigen windblütigen Formen („henricoid-Formengruppe“, Myricaceen) erkennen. Diese Konvergenzen im Bereich des windblütigen, also wahrscheinlich allochthonen Pollenregens lassen bestenfalls vermuten, daß zur Zeit der Sedimentation dieser Schichten in der näheren Umgebung des Ablagerungsraumes vergleichbare fazielle Bedingungen geherrscht haben. Vergleichbar sind weiterhin die zwar niedrigen, aber regelmäßigen Anteile der insektenblütigen Pollentetraden der Ericaceen. Dieser Umstand könnte bei der Betrachtung des Pollenspektrums der jeweils über den gebänderten Sanden folgenden Grundmassenkohlen von Bedeutung sein.

Die **Grundmassenkohlen** werden palynologisch durch den oben beschriebenen Pollenvergesellschaftungstyp 1 repräsentiert. Bezeichnend sind die hohen Werte an Sporites, sowie das häufige Auftreten der Ericaceen- und *Pinus*-Pollen. Sie scheinen, da sie jeweils oberhalb der gebänderten Sande liegen, den eigentlichen Übergang von klastischer zu biogener Sedimentation darzustellen. Die sehr hohen Werte an insektenblütigen Ericaceen-Pollen lassen eine autochthone Entstehung wahrscheinlich erscheinen. Neben dem palynologischen Inhalt, der nach THOMSON (1952 a) als ein Hinweis auf hochmoorartige Bildungsbedingungen gedeutet werden kann, läßt sich die durchweg geringe Mächtigkeit dieses Lithotyps (bis 50 cm), möglicherweise bedingt durch eine geringe Produktion an pflanzlicher Substanz, ebenfalls als Hinweis auf derartige Bildungsbedingungen werten. Ob es sich hierbei um Hochmoore im eigentlichen Sinne oder aber um Übergangsmoore mit hochmoorartigem Charakter gehandelt hat, läßt sich allein aufgrund des Sporomorpheninhalts nicht entscheiden.

Das Pollenbild der **Gewebegrundmassenkohlen** und der xylitischen Kohlen ist durch den Vergesellschaftungstyp 2 gekennzeichnet. Dieser Typ 2 ist durch ein stärkeres Hervortreten der Taxodiaceen/Cupressineen-Pollen, sowie durch relativ hohe Anteile der *Sciadopitys*-Pollen gekennzeichnet. TEICHMÜLLER (1958) beschreibt aus der rheinischen Braunkohle ein Vegetationsbild, das mit dem vom vorliegenden Vergesellschaftungstyp 2 weitgehend ident ist. Auch hier wurden als Charakterbäume neben *Sequoia* die japanische Schirmtanne (*Sciadopitys*) und die Kiefer (*Pinus*) angegeben. Auch das, in der Dörentruper Braunkohle beobachtete, regelmäßige Auftreten der *Monocolpopollenites* findet sein Äquivalent in der zitierten Pflanzenvergesellschaftung der rheinischen Braunkohle (Sabal-Palme). Als Standort für diesen Vergesellschaftungstyp vermutet TEICHMÜLLER (1958) ein relativ trockenes Koniferenwaldmoor, das *Sequoia*-Moor (vgl. AVERDIECK, 1976). Ein weiteres Indiz für diese Vermutung liegt in der makropetrographisch zu beobachtenden Fusitführung der Gewebegrundmassenkohle, die ebenfalls für den Faziesbereich der „trockenen“ *Sequoia*-Moore aus der rheinischen Braunkohle beschrieben wird (TEICHMÜLLER & THOMSON, 1958).

Für die **xylitische Kohle**, deren Matrix weitgehend von Gewebegrundmassenkohlen gebildet wird, konnte eine Anreicherung an xylitischem Material beobachtet werden. Die zumeist schichtparallel eingeordneten Xylite (Stämme und Zweige) werden von MESTWERDT (1917) der Sumpfpypresse *Taxodium distichum* HEER zugeordnet. Dem von MESTWERDT (1917) angenommenen allochthonen Charakter für die Entstehung der Dörentruper Braunkohle kann für den Bereich der xylitischen Kohle, zumindest aus palynologischer Sicht nicht vollständig widersprochen werden.

Neben der Zuordnung einzelner Pollenvergesellschaftungstypen zu bestimmten makroskopisch unterschiedenen Lithotypen lassen sich deutliche vertikale Frequenzgänge einiger häufiger Pollentypen erkennen (Abb. 15).

Die Tetradenpollen der Gattung *Ericipites* erreichen ein relatives Maximum in den Grundmassenkohlen. Im weiteren Flözverlauf nimmt ihr prozentualer Anteil an der Zusammensetzung des Pollenbildes kontinuierlich ab und erreicht dann in den Sanden ein relatives Minimum. In den, jeweils auf die Sande folgenden Grundmassenkohlen beginnt dieser Zyklus wieder von vorne. Ein damit vergleichbares Verhalten zeigt auch die prozentuale Verteilung der *Pityosporites*. Der Kurvenverlauf der *Inaperturopollenites* zeigt über weite Strecken ein dazu gegenläufiges Verhalten. Ein, der Verteilung der *Inapertures* folgendes Bild zeigen die Sporites. Dabei läßt sich, abgesehen von kleineren Schwankungen, der gleiche Zyklus wie bei den *Ericipites* erkennen.

Die vertikalen Frequenzgänge dieser Pollentypen lassen also, zumindest für den Bereich der Gewebegrundmassenkohlen und der xylitischen Kohlen, die folgende Tendenz erkennen. Von der Basis

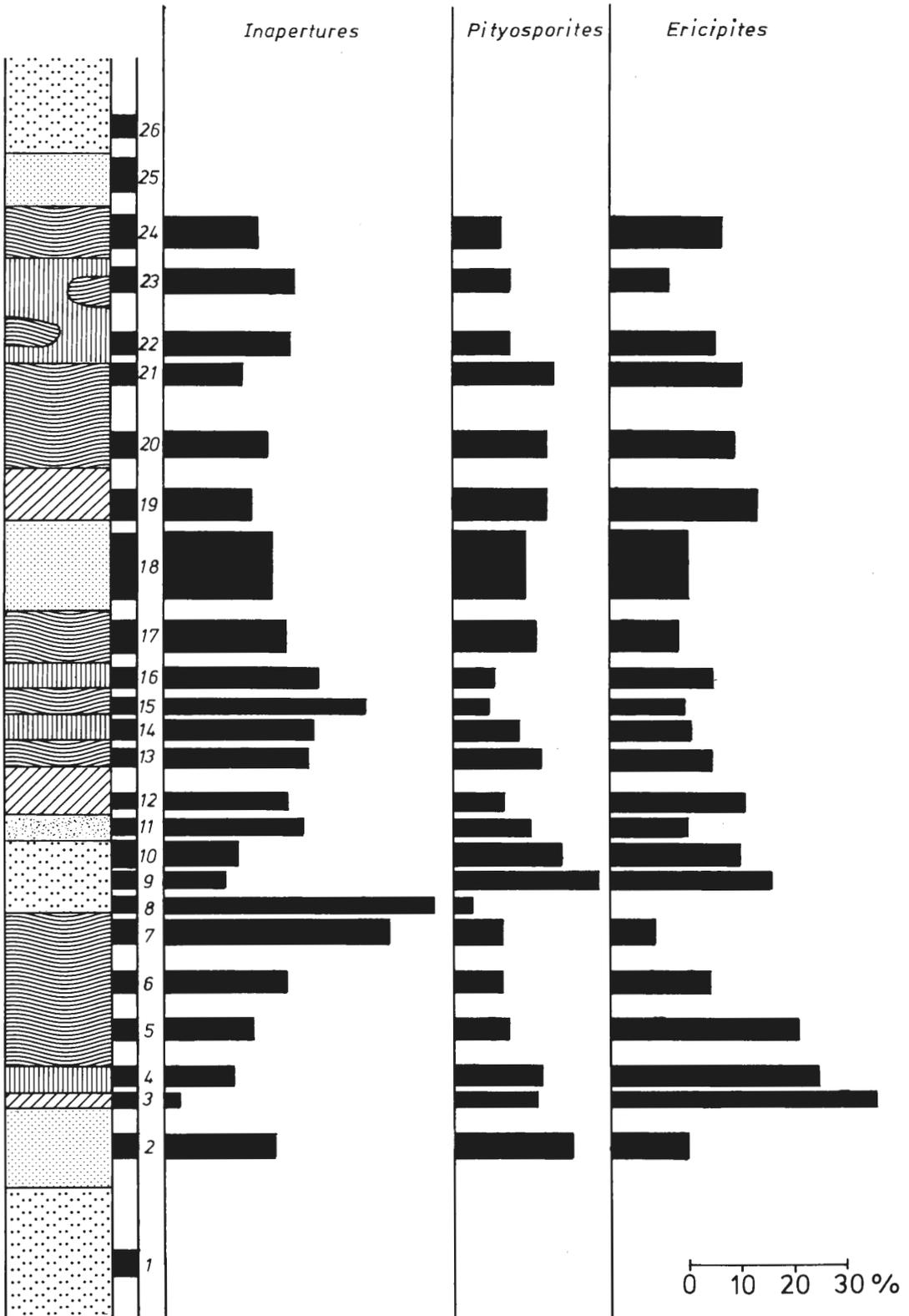


Abb. 15: Vertikale Frequenzgänge der Gattungen *Inapertures*, *Pityosporites* und *Eri cipites*.

zum Top jedes dieser Zyklen ist eine kontinuierliche Abnahme der Pollentypen zu verzeichnen, die ein eher trockenes Bildungsmilieu erwarten lassen. Parallel dazu ist eine Zunahme der Elemente zu beobachten, die ein feuchteres Milieu anzeigen.

Aufgrund von Parallelen bei der makroskopischen Unterteilung des Flözes in Verbindung mit der Zuordnung bestimmter Pollenvergesellschaftungstypen zu einzelnen Makrolithotypen, mit den vertikalen Frequenzgängen einzelner Pollentypen läßt sich eine Zonierung der Dörentruper Braunkohle in drei Zonen vermuten.

Jede dieser Zonen beginnt mit einer Grundmassenkohle, die palynologisch durch den Vergesellschaftungstyp 1 gekennzeichnet ist. Darüber folgt eine Wechsellagerung von Gewebegrundmassenkohlen mit xylitischen Kohlen (Vergesellschaftungstyp 2). Den jeweiligen Abschluß bildet dann eine sandige Schichtenfolge.

5. Genese der Dörentruper Kohle

Um das Bildungsmilieu eines Flözes einordnen zu können, ist es wichtig die paläogeographischen Rahmenbedingungen zur Zeit der Flözentstehung, d.h. die fazielle Ausbildung der Nebengesteine zu kennen. Zur ersten Charakterisierung der Sedimente kann ihre Korngrößenverteilung herangezogen werden. Analysen der Sande aus Dörentrup erbrachten die in Tab. 12 angegebenen Werte.

	Mediandurchmesser M (μm)	Sortierung So	Schiefe Sk
weißer Liegendsand	240	1,4	0,78
gebänderter Liegendsand	230	1,2	0,98
1. Zwischenmittel	255	1,3	0,87
2. Zwischenmittel	270	1,3	1.06

Tab. 12: Korngrößenverteilung Dörentruper Sande. Angegeben sind die Parameter nach TRASK (1932).

Aus der guten Sortierung der Sedimente um den Korngrößenbereich von 0,2-0,3 mm, kann nach FÜCHTBAUER & MÜLLER (1977: 52ff) auf Sedimente des fluviatilen Bereiches geschlossen werden.

Nach MEYER & WILDER (1981: 16) wurden die Sande in schräggeschichteten, linsigen Körpern mit sehr stark wechselnden Mächtigkeiten abgelagert, was auf unstete Sedimentationsbedingungen hinweist. Da diese Sandkörper in enger Verzahnung mit Sedimenten geringerer Korngröße auftreten, erscheint eine Ablagerung im Bereich eines mäandrierenden Flußsystems wahrscheinlich (vgl. REINECK & SINGH, 1980: Fig. 379, 380; FÜCHTBAUER & MÜLLER, 1977: 93ff).

Ausgehend von den Verhältnissen in rezenten Mooren der Subtropen kann für die Moore des Tertiärs eine Untergliederung in relativ trockene Wald- und Buschmoore, feuchte Riedmoovergesellschaftungen mit anschließendem Seerosengürtel und offene Mooren angenommen werden. Für die Deutung der primären Moorfazies anhand der in einem Flözprofil wechselnden petrographischen Merkmale der einzelnen Schichten und ihrer unterschiedlichen Pollenspektren spielt die rheinische Braunkohle eine bestimmende Rolle. Die dort seit den 30er Jahren durchgeführten Untersuchungen wurden von TEICHMÜLLER (1958) zu einem Modell zusammengefaßt (Abb. 16), das im wesentlichen auf den pollenanalytischen Arbeiten von THOMSON (1950, 1952 b, 1956) basiert.

Zahlreiche Untersuchungen in den letzten beiden Jahrzehnten führten zu einer Modifizierung des von TEICHMÜLLER entworfenen Modells. So wird in erster Linie die Existenz von extrapallustren Wäldern im Sinne von THOMSON in Frage gestellt (z.B. HILTMANN, 1976). Auch nach v.d. BRELIE & WOLF (1981 a) zeigt die Übereinstimmung zwischen Mikropetrographie und Mikropaläobotanik, daß die Pollen und Sporen im starken Maße die autochthone Pflanzengemeinschaft widerspiegeln. Der zweite Punkt, der stark umstritten ist, ist die petrographische Ausbildung der Riedmoorkohlen, die nach TEICHMÜLLER durch helle Grundmassenkohlen repräsentiert werden. HILTMANN (1976) und SCHNEIDER (1978) gehen davon aus, daß aus den Ablagerungen der Riedmoore dunkle, z.T. stark vergelte Gewebekohlen entstehen, eine Ansicht, die auch von v.d. BRELIE & WOLF vertreten wird.

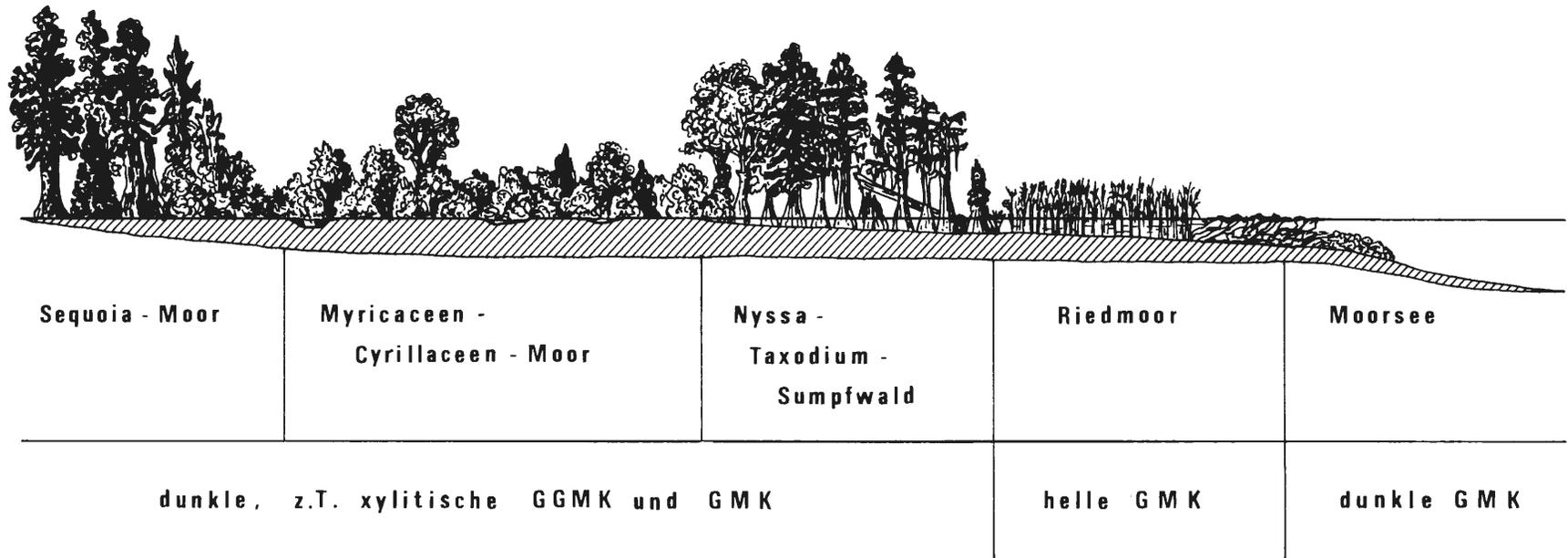


Abb. 16: Faziesmodell der Rheinischen Braunkohle
(nach TEICHMÜLLER, 1958).

Da das Dörentruper Flöz in eine Serie fluviatiler Sande eingebettet liegt, ergeben sich im Vergleich zu typischen Niedermooren eine Reihe von Besonderheiten (vgl. Abb. 16). Niedermoore entwickeln sich in der Regel in abflußlosen Senken auf staunassem Untergrund. Hier ist ständig mit hoher Bodenfeuchtigkeit und mit Stillwasserseen zu rechnen. Im Gegensatz dazu bildete sich das Dörentruper Flöz auf einer wasserdurchlässigen, sandigen Unterlage, wo die Feuchtigkeitsverhältnisse stark durch die Entfernung und die Wasserführung des mäandrierenden Flußsystems als Vorfluter bestimmt wurden. Dementsprechend fehlen im unteren Teil des Flözes Ablagerungen mit Stillwassercharakter, die sich durch einen hohen Vergelungsgrad auszeichnen (GÖTTLICH, 1980: 171; ROSELT, 1969) und die in den obermiozänen Mooren der Oberpfalz den Charakter ganzer Flöze bestimmen können (KLEINREESINK & RIEGEL, 1983). Ebenso kann nicht mit dem Vorkommen von ausgedehnten Riedmooren gerechnet werden.

Aus den palynologischen Untersuchungen geht hervor, daß sich nach Rückzug des Flusses, auf den die Ablagerungen der Nebengesteine zurückzuführen sind, eine Flora ansiedelte, die an mäßig feuchte, saure bis stark saure Standortbedingungen angepaßt war. Die Sporomorphenvergesellschaftung, die sie hervorbrachte, besitzt hochmoorartigen Charakter. Die hohen Aschegehalte der Basisschichten der drei Flözbänke zeigen demgegenüber einen sehr nassen Ablagerungsraum an (vgl. v.d. BRELIE & WOLF, 1982 b: 187). Diese Diskrepanz läßt sich aber durch die hydrologischen Bedingungen im betrachteten Raum erklären.

Zu den Zeiten normaler Wasserstände des Vorfluters lagen die weiten Sandflächen oberhalb des Einflußbereichs des fließenden Wassers. Hier siedelte sich eine Vegetation an, deren Charakter von Betulaceen, Pinaceen und Ericaceen bestimmt wird. Sphagnum-Pollen zeugen von einer beginnenden Hochmoorbildung in einzelnen Bereichen. Die relativ trockenen Umweltbedingungen bewirken eine starke Zersetzung der anfallenden organischen Substanzen, so daß sich nur ein feiner humoser Detritus bildet, in dem die schwer zersetzlichen liptinitischen Bestandteile relativ angereichert werden. Bei periodischen Überflutungen bringt der Fluß seine Sandfracht in den Ablagerungsraum ein. Dabei kommt es zu einer intensiven Durchmischung von Sand und organischem Material, was zu einer weiteren, mechanischen Zerkleinerung des humosen Detritus führt und Durchwurzelungsspuren vernichtet. Durch den Wechsel zwischen trockenen und nassen Bedingungen läßt sich auch das gemeinsame Auftreten von hohen Fusinitanteilen und Algenresten leicht erklären.

Mit dem Einsetzen der gewebereichen Lithotypen ändern sich neben den petrographischen auch die physiko-chemischen und palynologischen Merkmale der Kohle, was auf einen deutlichen Wechsel der Fazies zurückzuführen ist. Die Flora wird jetzt von Taxodiaceen und *Sciadopitys* neben Pinaceen und Palmen beherrscht, was nach TEICHMÜLLER (1958) ein relativ trockenes Koniferen-Waldmoor anzeigt. Auch der starke Rückgang der Aschegehalte belegt, daß das Milieu insgesamt deutlich trockener geworden ist. Die, verglichen mit der rheinischen Braunkohle, aber immer noch relativ hohen Aschegehalte sowie das Auftreten der Sumpfpypresse sprechen aber für die Ansicht von v.d. BRELIE & WOLF (1982 b), daß für das *Sequoia*-Moor keine sehr trockenen Bedingungen anzunehmen sind, bei denen auch Algenreste nicht zu erklären wären. Der niedrige Destruktionsgrad der Kohle steht mit diesen mäßig feuchten Entstehungsbedingungen im Einklang. Die in die Gewebegrundmassenkohlen eingelagerten Xylite sind die Anzeiger für allochthone Einflüsse, da alle Stämme waagrecht eingelagert sind und Stubben fehlen. Die Reste der Sumpfpypresse wurden wohl während extremer Hochwasserstände des Vorfluters in das *Sequoia*-Moor eingeschwemmt und bilden Driftholzlagen. In der Zunahme der Driftholzlagen zum Hangenden der Flözbänke zeigt sich die Annäherung des Flusses, der bei der Ablagerung der sandigen Zwischenmittel den betrachteten Ablagerungsraum wieder erreicht hat.

Der mittlere Bereich der Flözoberbank ist durch den hohen Tongehalt von den übrigen Kohlen unterschieden. Tonreiche Kohlen werden allgemein als Ablagerungen offener Gewässer gedeutet. Auch der Inertinit-Reichtum und die zahlreichen korrodierten Harze in der Probe Dö 22 weisen auf ein offenes Gewässer hin (v.d. BRELIE & WOLF, 1982 b: 187). Im Pollenbild wird diese Deutung durch ein starkes Zurückgehen der trockene Standorte anzeigenden Pollen der *henrici*- und *iliacus*-Formengruppe unterstützt.

Zusammenfassend läßt sich folgendes Bild für das Dörentruper Braunkohlenmoor rekonstruieren (Abb. 17). Die Moorbildung beginnt im Einflußbereich eines mäandrierenden Flußsystems. Auf den Ablagerungen der Überschwemmungsfläche siedelt sich zunächst eine an die nährstoffarmen und sauren Standortbedingungen angepaßte Flora mit *Pinus*, *Betula* und Ericaceen an. In einzelnen Biotopen können sich mit Torfmoosen (*Sphagnum*) typische Hochmoorpflanzen ausbreiten. Dieser Bereich

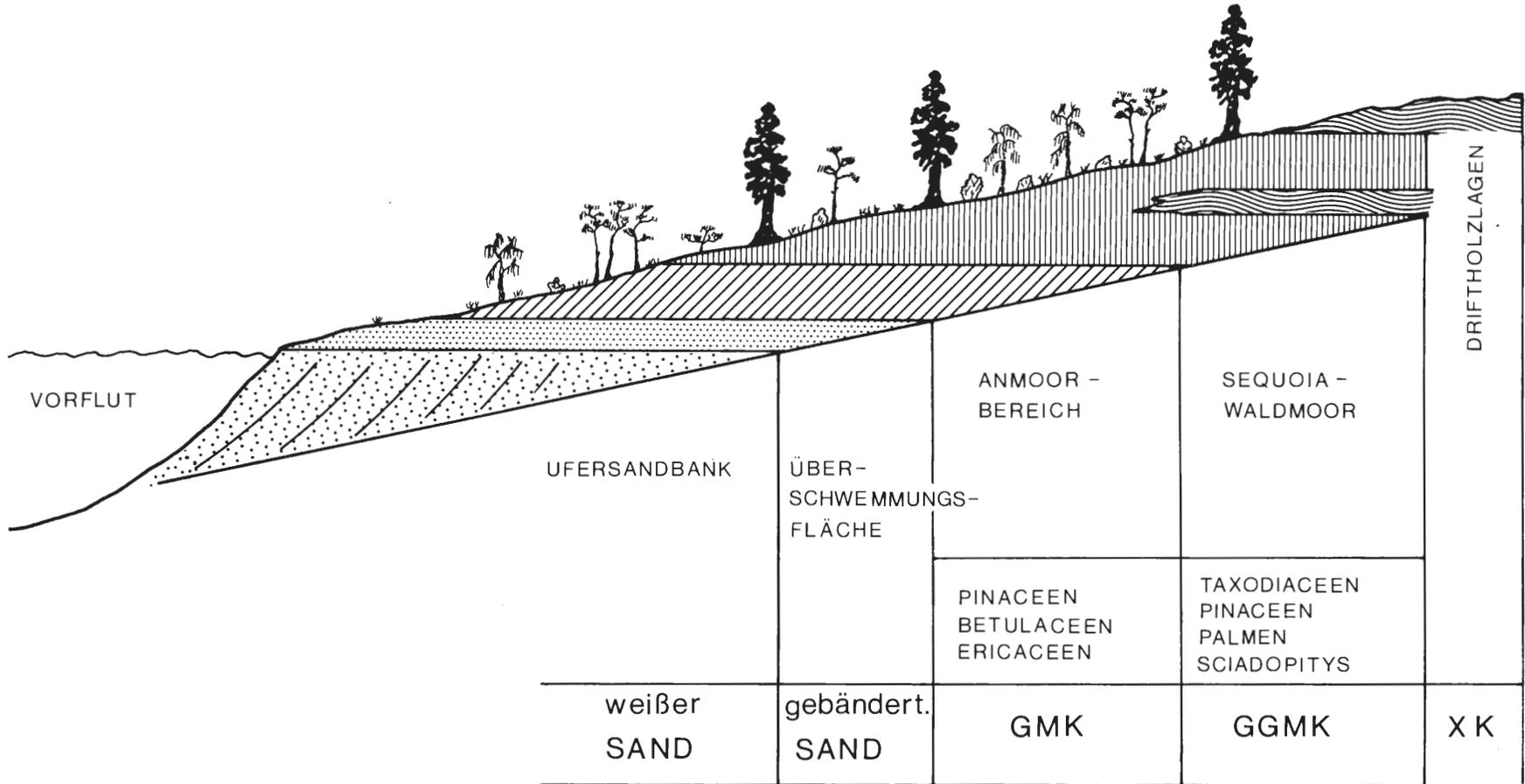


Abb. 17: Schematisches Faziesprofil für das Dörentrupe Flöz (stark überhöht). GMK = Grundmassenkohle; GGМК = Gewebegrundmassenkohle; XK = xylitische Kohle.

wird noch relativ häufig von Überschwemmungen betroffen, die eine hohe mineralische Fracht mit sich bringen, so daß man im Sinne der Moorterminologie von einem Anmoor sprechen muß.

Im Laufe der Zeit wächst die Sedimentoberfläche im Anmoorbereich so weit auf, daß der Einfluß des Vorfluters zurückgedrängt wird. Nun kann sich ein echtes Waldmoor mit Taxodiaceen, Pinaceen, Palmen und *Sciadopitys* ausbreiten, das mit vereinzelt offenen Wasserflächen durchsetzt ist, in denen sich tonreiche Sedimente bilden. Bei extremen Hochwasserständen des Vorfluters werden *Taxodium*-Stämme eingeschwemmt. Die so entstandenen Driftholzlagen liegen heute als xylitische Kohlen vor. Die vertikalen Frequenzgänge einiger Pollentaxa zeigen, daß es sich bei den Übergängen zwischen den einzelnen Lithotypen der Dörentruper Braunkohle um kontinuierlich ablaufende Prozesse handelt.

MESTWERDT (1916) nimmt eine allochthone Entstehung dieses Braunkohlevorkommens an. Die vorliegende Untersuchung zeigt, daß zumindest die Bereiche der Gewebegrundmassenkohle autochthone Bildungen sind. Aber auch die Bereiche der Grundmassenkohle und der xylitischen Kohle, die sicherlich durch fluviatile Einflüsse allochthon überprägt sind, lassen sich besser mit dem von THOMSON (1958) geprägten Begriff der „partiellen Autochthonie“, also Einlagerung allochthonen Materials in autochthone Torflagen, beschreiben.

6. Danksagung

Die Arbeiten wurden aus Mitteln des Landes NRW für die Schnellinventarisierung der Bodendenkmäler Westfalens finanziert (Kennziffer 3919/3920 EB 1). Herrn Dr. J. NIEMEYER, Amt für Bodendenkmalpflege, sind wir für seine hilfreiche Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit zu Dank verpflichtet. Herrn Prof. Dr. W. RIEGEL, Göttingen, und Herrn Prof. Dr. F. STRAUCH, Münster, danken wir für die freundliche Genehmigung, die für die Untersuchungen notwendigen Laboreinrichtungen benutzen zu dürfen, sowie für ihre hilfreichen Anregungen.

Tafel 1

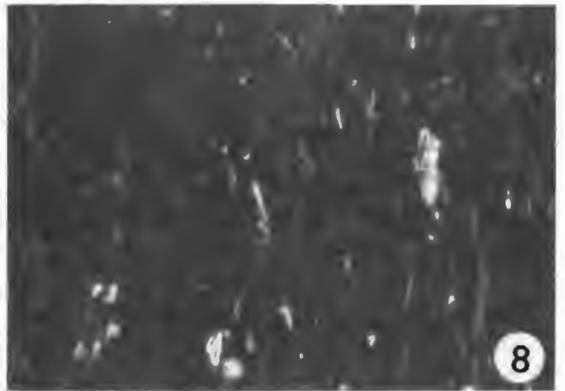
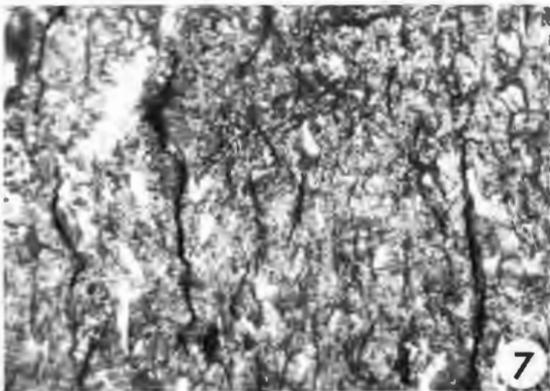
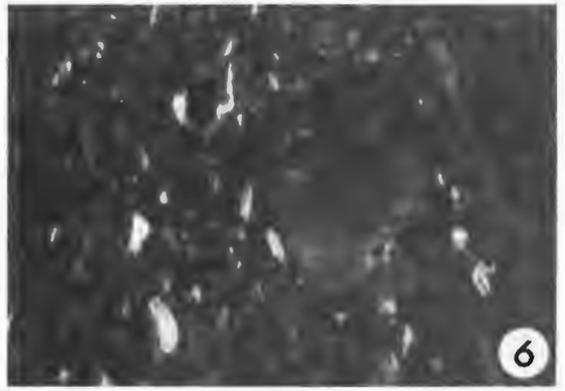
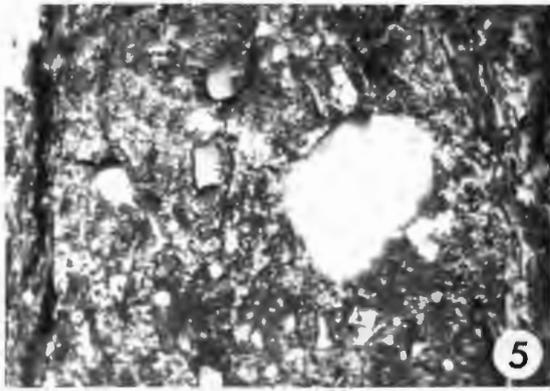
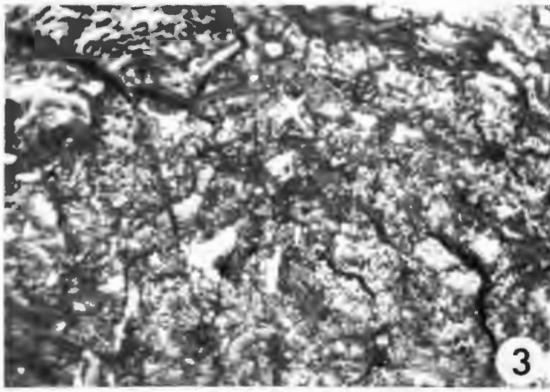
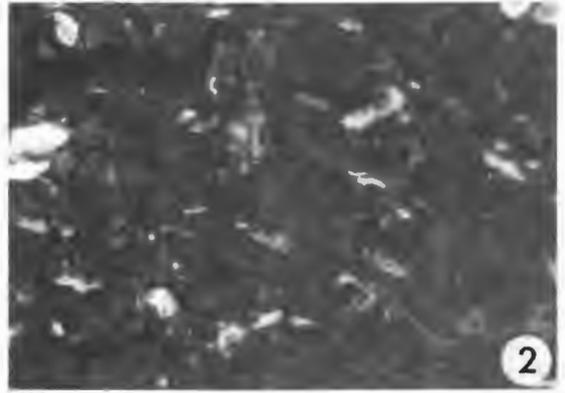
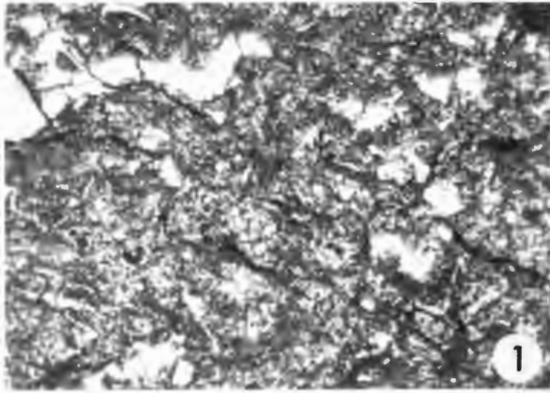
- Fig. 1:** Aufschlußverhältnisse in der Sandgrube der Dörentruper Sand- und Thonwerke vor Beginn der Schurfarbeiten.
- Fig. 2:** Gleicher Grubenbereich wie in Fig. 1. Im Schurf wird die Dreigliederung des Flözes deutlich. Nach links ist das Auskeilen des zweiten Zwischenmittels zu erkennen.
- Fig. 3:** Graubraun-weiß gebänderte Sande an der Basis der Flözunterbank. Sie sind wahrscheinlich im Überschwemmungsbereich eines mäandrierenden Flußsystems abgelagert worden.
- Fig. 4:** Bei der Profilaufnahme wurden, um die anschließende Beprobung zu erleichtern, die Schichtgrenzen innerhalb des Schurfes markiert.



Tafel 2

- Fig. 1:** Attrinit als Grundmasse mit Einlagerungen von Inertodetrinit (weiß). In der linken, oberen Bildecke Riß, der durch ein stark reflektierendes Humusgel ausgefüllt wurde. (Probe Dö 5, Auflicht-Hellfeld).
- Fig. 2:** wie Fig. 1, Fluoreszenz. Bei Blaulichtanregung heben sich die Liptinite deutlich von der nicht fluoreszierenden Grundmasse ab.
- Fig. 3:** Attrinit mit Einlagerungen von Inertodetrinit. (Probe Dö 7, Auflicht-Hellfeld).
- Fig. 4:** wie Fig. 3, Fluoreszenz.
- Fig. 5:** Attrinit mit Textinit (rechter Bildrand), Corpohuminit und (in der Bildmitte) durch Innenreflex hell aufleuchtendes Quarzkorn. (Probe Dö 7, Auflicht-Hellfeld).
- Fig. 6:** wie Fig. 5, Fluoreszenz. Im unteren Bilddrittel ist der Querschnitt eines flachgedrückten Sporinits zu erkennen.
- Fig. 7:** Humose, teilweise vergelte Grundmasse mit Einlagerungen von Inertodetrinit. Die Vergelung wird durch die zahlreichen Schrumpfrisse deutlich. (Probe Dö 5, Auflicht-Hellfeld).
- Fig. 8:** wie Fig. 7, Fluoreszenz.

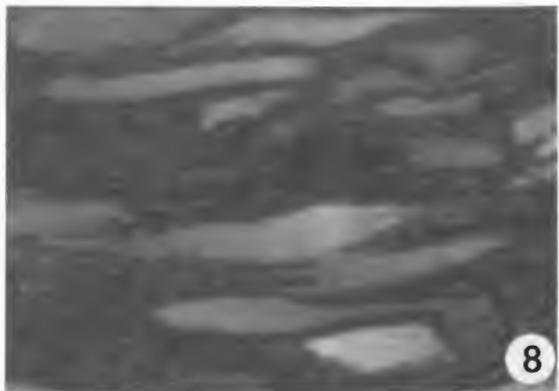
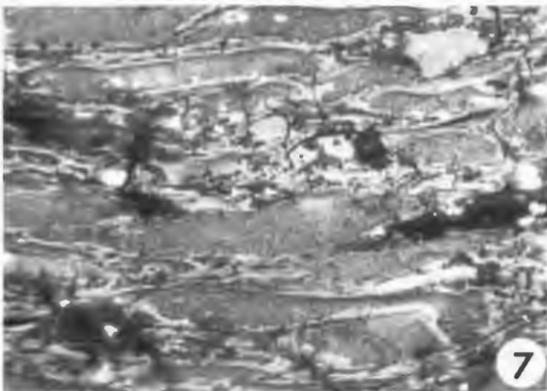
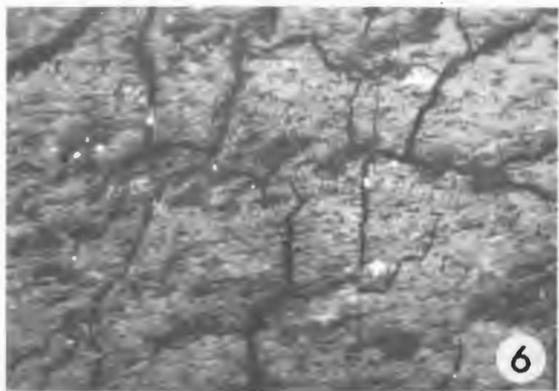
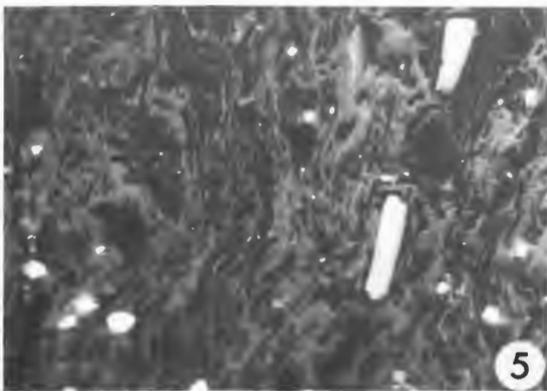
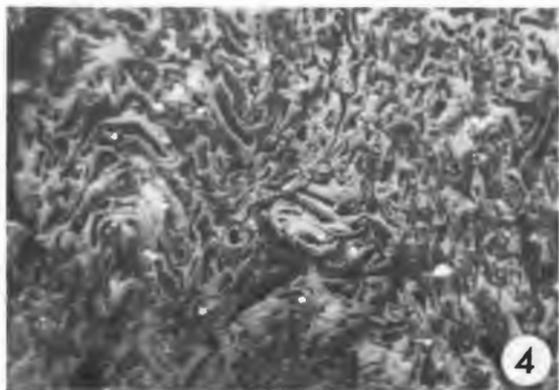
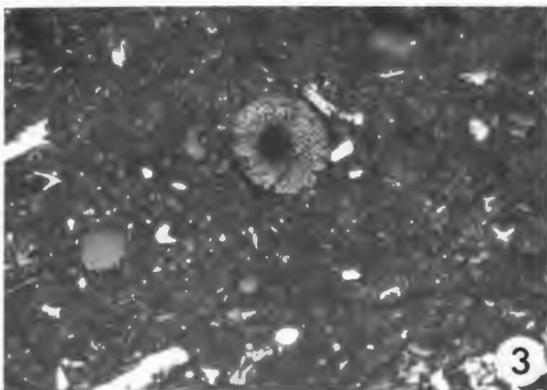
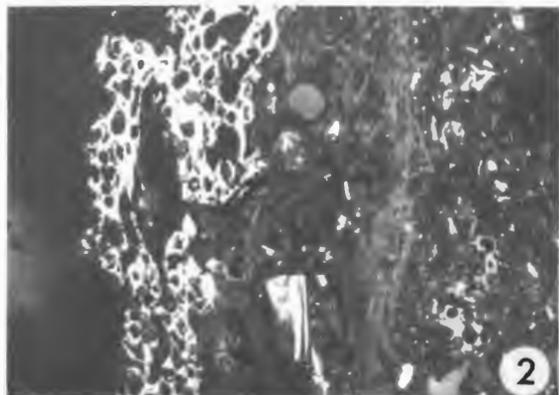
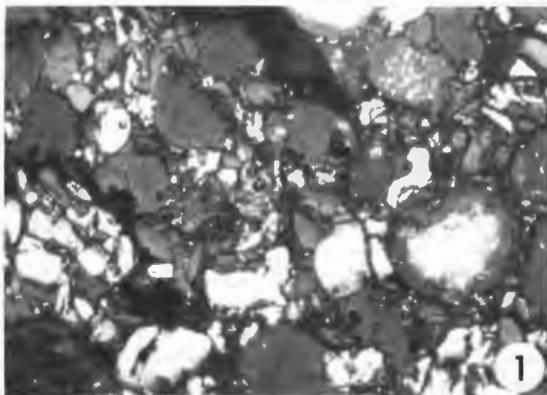
Lange Bildkante bei allen Aufnahmen = 220 μm .



Tafel 3

- Fig. 1:** Seife von Harzen und Inertodetrinit (weiß). Die hellen Flecken innerhalb einzelner Harze gehen auf intensive, rötliche Innenreflexe zurück. Deutlich wird der typisch lockere Gefügeaufbau der Weichbraunkohlen.
(Probe Dö 23, Auflicht-Hellfeld).
- Fig. 2:** Wichtige Gefügebestandteile der Dörentruper Kohle (von links nach rechts): Fusinit, Attrinit mit Einlagerung von Resinit (dunkel Bildmitte), Inertodetrinit (weiß) und Corpohuminit (grau, kreisförmig), Textinit, Attrinit mit Inertodetrinit.
(Probe Dö 16, Auflicht-Hellfeld).
- Fig. 3:** Tonig-humose Grundmasse mit Inertodetrinit und Corpohuminit. In der Bildmitte Querschnitt durch einen Pilzrest.
(Probe Dö 16, Auflicht-Hellfeld).
- Fig. 4:** Textinit
(Probe Dö 5, Auflicht-Hellfeld).
- Fig. 5:** Textinit. Einige Zellumen sind mit Corpohuminiten ausgefüllt. Weiße Flecken = Pyrit.
(Probe Dö 16, Auflicht-Hellfeld).
- Fig. 6:** Vergeltes Gewebe (Ulminit). Die Vergelung wird durch die breiten Schrumpfungsrisse deutlich.
(Probe Dö 5, Auflicht-Hellfeld).
- Fig. 7:** Humoses Gewebe, dessen Zellumen durch Porigelinit ausgefüllt sind.
(Probe Dö 15, Auflicht-Hellfeld).
- Fig. 8:** wie Fig. 7, Fluoreszenz.

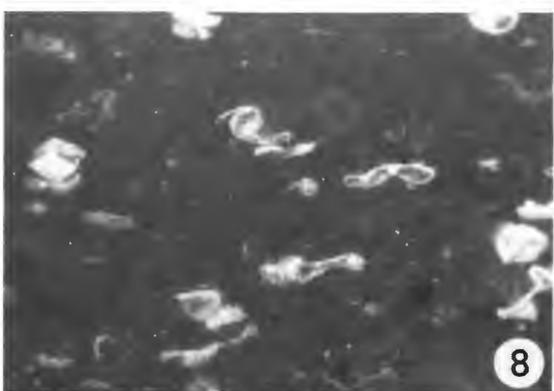
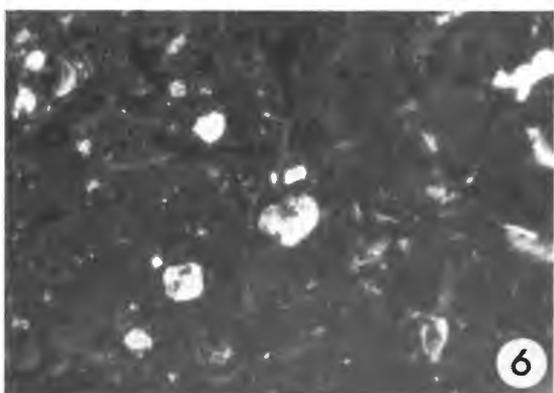
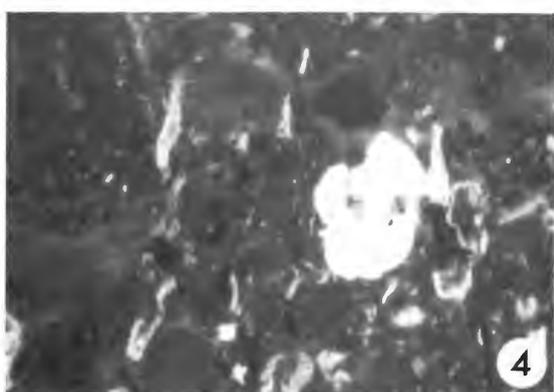
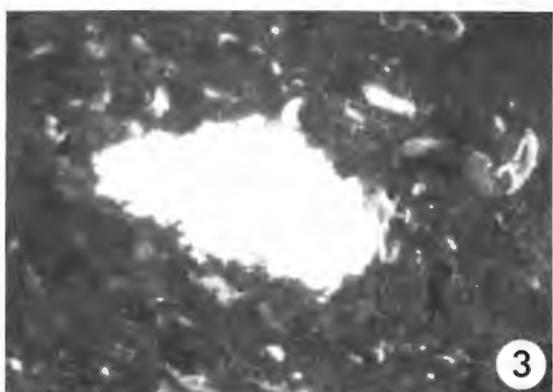
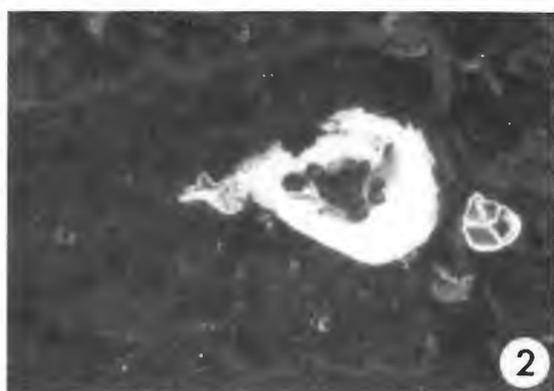
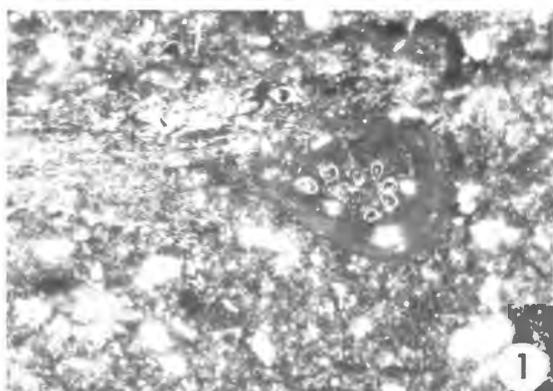
Lange Bildkante bei allen Aufnahmen = 220 μm .



Tafel 4

- Fig. 1:** Pyrit- und Inertinitreiche humose Grundmasse mit großem Algenrest. Im Innern der Algenkolonie Pilzrest.
(Probe Dö 3, Auflicht-Hellfeld).
- Fig. 2:** wie Fig. 1, Fluoreszenz. Der Algenrest hebt sich durch seine intensive Fluoreszenz deutlich hervor. Rechts neben dem Alginit Sporinit vom Ericaceen-Typ.
- Fig. 3:** Großer Algenrest in humoser Grundmasse.
(Probe Dö 15, Fluoreszenz).
- Fig. 4:** Algenrest in Liptodetrinit-reicher, toniger Grundmasse.
(Probe Dö 22, Fluoreszenz).
- Fig. 5, 6:** Sporinit vom *Sciadopitys*-Typ. (Fig. 5: Probe Dö 7; Fig. 6: Probe Dö 13; beide: Fluoreszenz).
- Fig. 7:** Sporinit vom Pinaceen-Typ.
(Probe Dö 13, Fluoreszenz).
- Fig. 8:** Sporinit, angereichert in tonig-humoser Grundmasse.
(Probe Dö 3, Fluoreszenz).

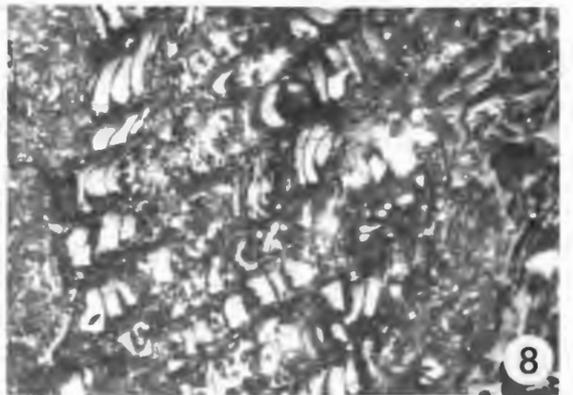
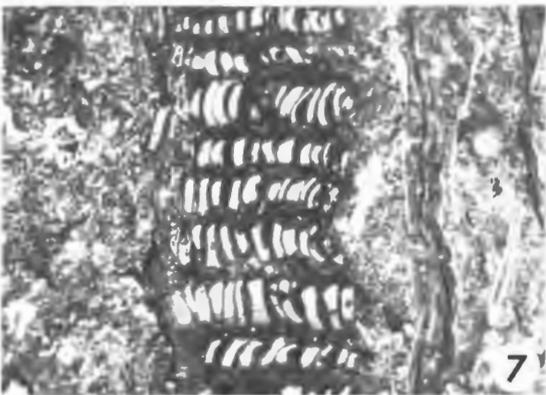
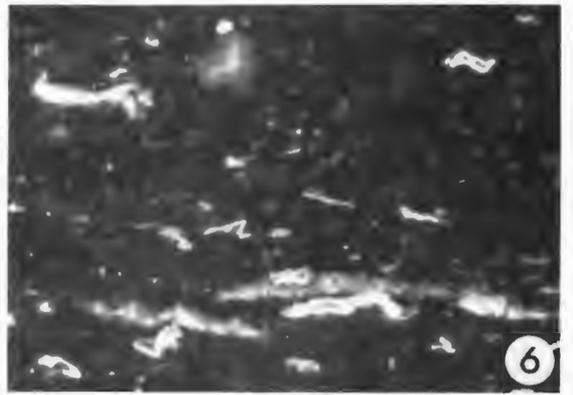
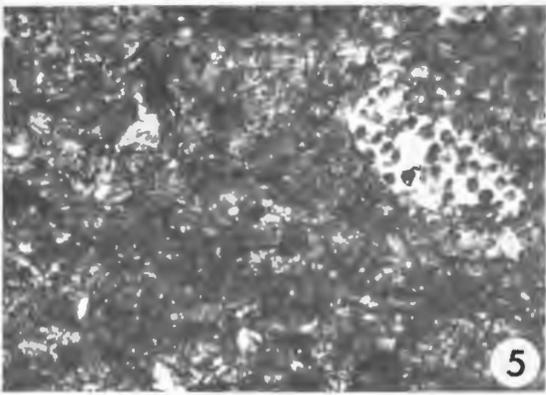
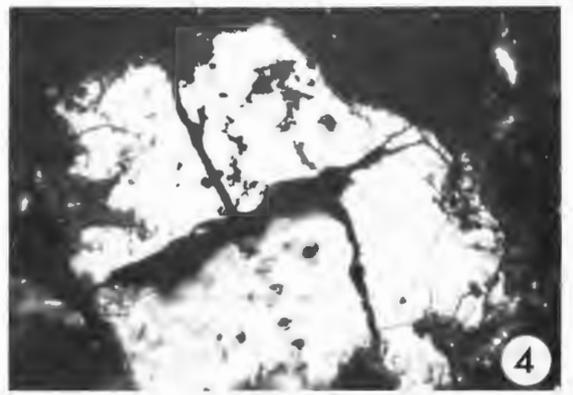
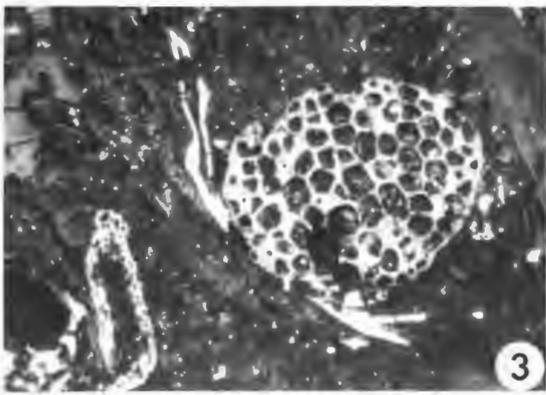
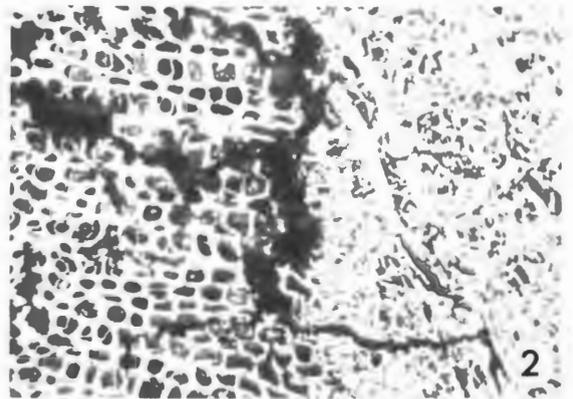
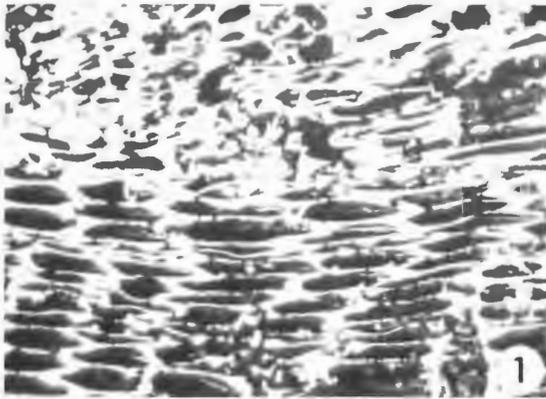
Lange Bildkante bei allen Aufnahmen = 220 μm .



Tafel 5

- Fig. 1:** Fusinit, in der oberen Bildhälfte ist z.T. Bogenstruktur erkennbar. (Probe Dö 5, Auflicht-Hellfeld).
- Fig. 2:** Fusinit mit (in der rechten Bildhälfte) typischer Bogenstruktur. (Probe Dö 21, Auflicht-Hellfeld).
- Fig. 3:** Sclerotinit in schwach reflektierender, humoser Grundmasse. (Probe Dö 21, Auflicht-Hellfeld).
- Fig. 4:** Isoliertes Macrinit-Teilchen. Dunkle Umgebung = Einbettmittel Araldit. (Probe Dö 13, Auflicht-Hellfeld).
- Fig. 5:** Humose Grundmasse mit korrodiertem Sclerotinit (weiß-zellig) und kleinen Inertinitbruchstücken. (Probe Dö 12, Auflicht-Hellfeld).
- Fig. 6:** wie Fig. 5, Fluoreszenz. Bei Blaulichtanregung wird der Liptinitreichtum, der im Auflicht nicht erkennbar ist, deutlich. Rechts oben: Sporinit; Mitte oben: Resinit mit breitem Oxidationssaum, der sich durch seine schwächere Fluoreszenz abhebt. Bei den schlierigen Strukturen im unteren Bild Drittel handelt es sich möglicherweise um Algenreste.
- Fig. 7, 8:** Typische Korkzellgewebe. Die tafelförmige Gestalt der Zellen wird durch die eingelagerten Corpohuminite (hier: Phlobaphinit) deutlich. (Beide: Probe Dö 5, Auflicht-Hellfeld).

Lange Bildkante bei allen Aufnahmen = 220 μm .



Tafel 6

Fig. 1, 2: *Camarozonosporites* fsp. POT. 1956

Fig. 3-5: *Retriletes* fsp.

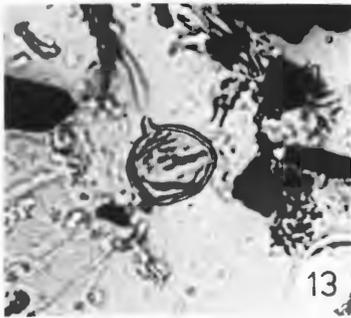
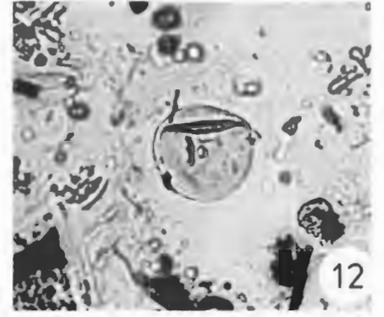
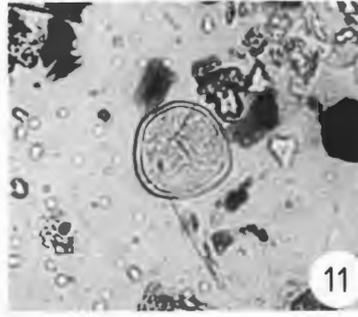
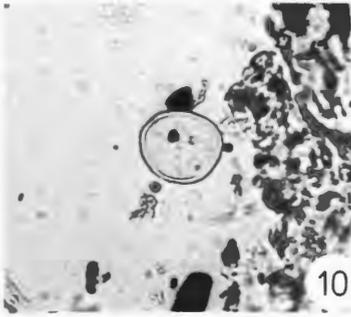
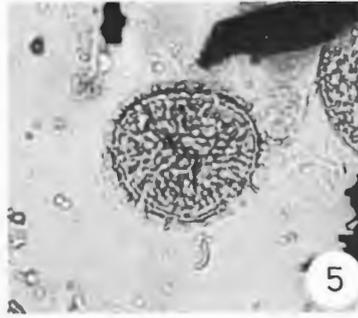
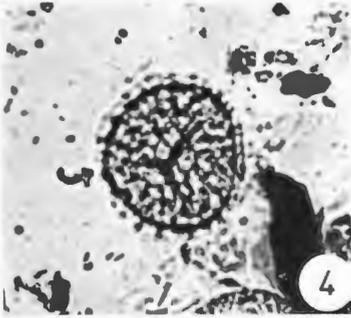
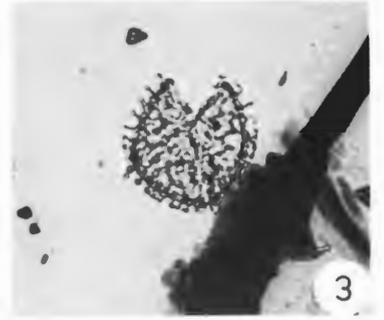
Fig. 6, 7: *Laevigatosporites haardti* PF. & TH. 1953

Fig. 8: *Stereisporites stereoides* KR. 1963

Fig. 9-11: *Stereisporites microgranulus* W. KRUTZSCH & SONTAG 1963

Fig. 12-15: *Inaperturopollenites polyformosus* TH. & PF. 1953

Vergrößerung 500-fach



Tafel 7

Fig. 1-5: *Inaperturopollenites hiatus* TH. & PF. 1953

Fig. 6, 7: *Inaperturopollenites dubius* TH. & PF. 1953

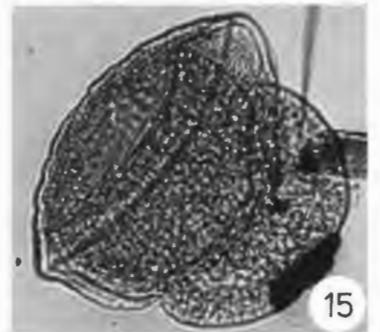
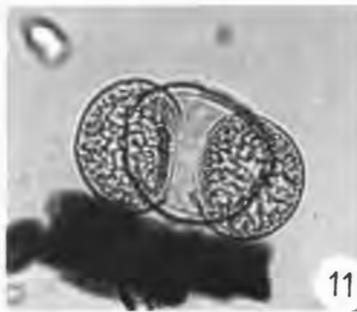
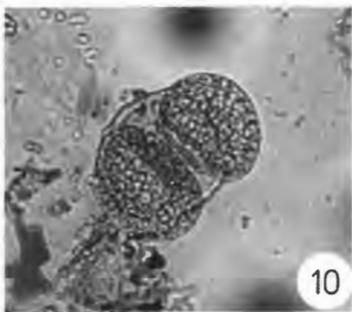
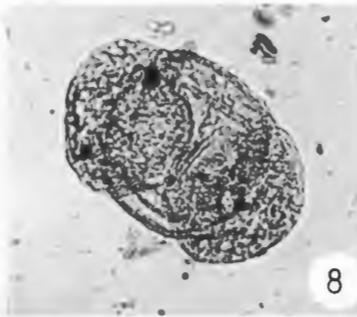
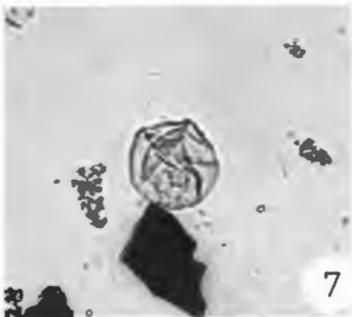
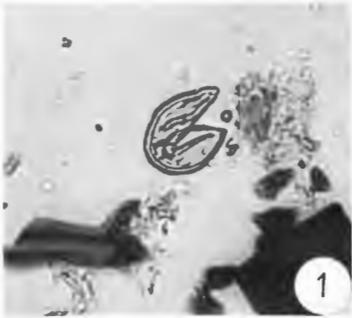
Fig. 8, 9: *Pityosporites labdacus* TH. & PF. 1953

Fig. 10, 11: *Pityosporites cedroides* TH. & PF. 1953

Fig. 12: *Pityosporites cf. absolutus* TH. & PF. 1953

Fig. 13-15: *Pityosporites* fsp.

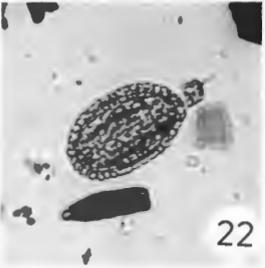
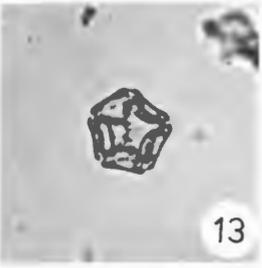
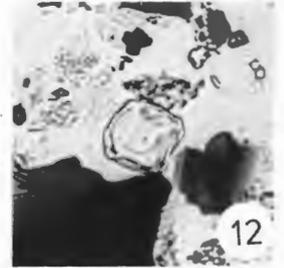
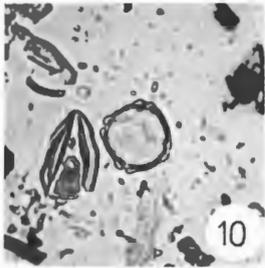
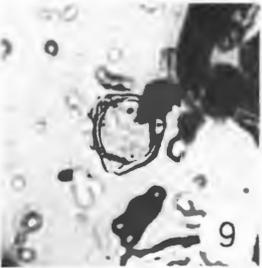
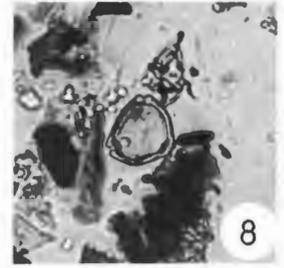
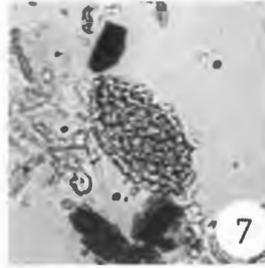
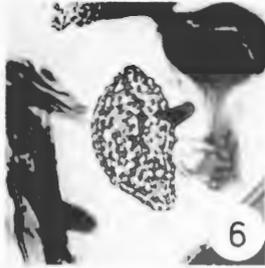
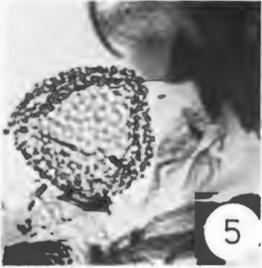
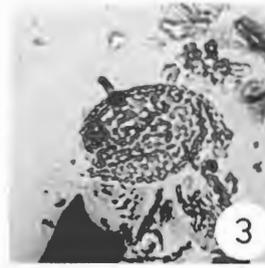
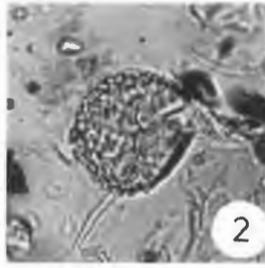
Vergrößerung 500-fach



Tafel 8

- Fig. 1-7:** *Monocolpopollenites serratus* TH. & PF. 1953
- Fig. 8:** *Triatriopollenites rurensis* PF. 1953
- Fig. 9:** *Triatriopollenites myricoides* PF. 1953
- Fig. 10-12:** *Polyvestibulopollenites* cf. *metaplasmus* (R. POT. 1931 b)
- Fig. 13:** *Polyvestibulopollenites* fsp.
- Fig. 14:** *Pollenites quietus* R. POT. 1931 a
- Fig. 15-17:** *Tricolporopollenites henrici* KR. 1961 d
- Fig. 18, 19:** *Tricolporopollenites* ex gr. nyssoide Formen fsp.
- Fig. 20:** *Tricolporopollenites pusillus* TH. & PF. 1953
- Fig. 21, 22:** *Tricolporopollenites iliacus* TH. & PF. 1953

Vergrößerung 500-fach



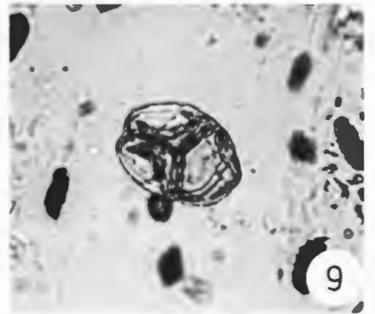
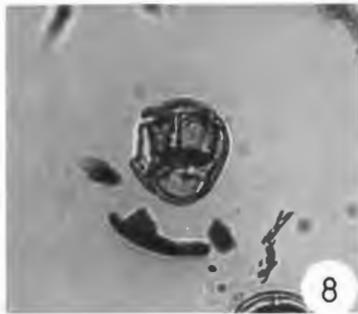
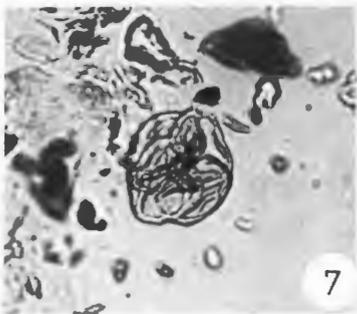
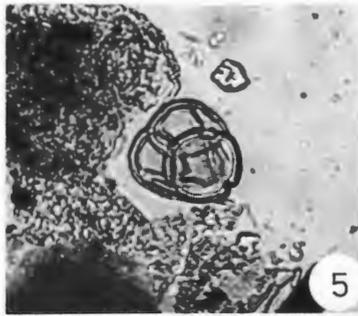
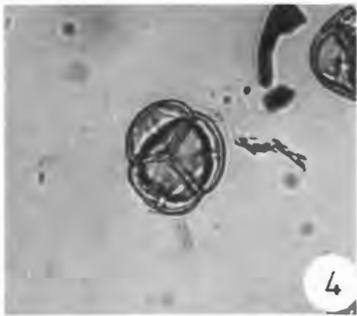
Tafel 9

Fig. 1-4: *Ericipites ericius* (R. POT. 1934)

Fig. 5, 6: *Ericipites callidus* (R. POT. 1934)

Fig. 7-9 *Ericipites* fsp.

Vergrößerung 500-fach



7. Literatur

- AVERDIECK, F.R. (1976): Der Entwicklungsgang im zeitlichen Ablauf und „Moorarchäologie“.
– In: GÖTTLICH, K., Hrsg., Moor- und Torfkunde: 41-89; Stuttgart (Schweizerbart).
- BRELIE, G.v.d. & REIN, U. (1954): Die pollenanalytische Flözorientierung im Braunkohlentiefbau der Schachanlage Morschenich.
– Geol.Jb., **69**: 303-328; Hannover.
- BRELIE, G.v.d. & WOLF, M. (1981 a): Zur Petrographie und Palynologie heller und dunkler Schichten im rheinischen Hauptbraunkohleflöz
– Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **29**: 95-163; Krefeld.
- BRELIE, G.v.d. & WOLF, M. (1981 b): „*Sequoia*“- und *Sciadopitys* in den Braunkohlenmooren der Niederrheinischen Bucht.
– Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **29**: 177-191; Krefeld.
- COHEN, A.D. (1973): Petrology of some peat sediments from the Okefenokee swamp-marsh complex of southern Georgia.
– Geol. Soc. Am., Bull., **84**: 3867-3878; Boulder/Colorado.
- FABRICIUS, F. (1961): Die Strukturen des „Rogenpyrits“ (Kössener Schichten, Rät) als Beitrag zum Problem der „vererzten Bakterien“.
– Geol. Rdsch., **51**: 647-657; Stuttgart.
- FAEGRI, K. & IVERSEN, J. (1964): Textbook of Pollenanalysis.
– 237 S., New York (Hafner Pub. Co.).
- FÜCHTBAUER, H. & MÜLLER, G. (1977): Sediment-Petrologie Teil II. Sedimente und Sedimentgesteine.
– 3. Auflage, 1-784; Stuttgart (Schweizerbart).
- GIJZEL, P.v. (1979): Manual of the Techniques and some Geological Applications of Fluorescence Microscopy.
– WORKSHOP-Report: 1-55; 12th Annual Meeting of the American Association of Stratigraphic Palynologists, Dallas.
- GOTHAN, W. (1930): Fragen der Braunkohlenentstehung vom botanischen Standpunkt aus.
– Z. dt. geol. Ges., **118**: 33-69; Hannover.
- GÖTTLICH, Kh. (1980): Moor- und Torfkunde.
– 2. Auflage, 1-338; Stuttgart (Schweizerbart).
- HILTMANN, W. (1976): Pollenanalytische Untersuchungen im rheinischen Hauptbraunkohlenflöz der Tagebaue Frechen und Fortuna unter besonderer Berücksichtigung der makroskopischen Ausbildung der Kohle.
– Diss. TH Aachen, 162 S.; Aachen.
- INTERNATIONALE KOMMISSION FÜR KOHLENPETROLOGIE (1963): Internationales Lexikon für Kohlenpetrologie.
– Lose Blatt Sammlung, CENTRE NATIONALE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE; Paris.
- INTERNATIONALE KOMMISSION FÜR KOHLENPETROLOGIE (1971): Internationales Lexikon für Kohlenpetrologie – Ergänzung zur 2. Ausgabe.
– Lose Blatt Sammlung, CENTRE NATIONALE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE; Paris.
- JACOB, H. (1960): Lagerstättenkundliche Untersuchungen zur Frage des Braunkohlenbitumens.
– Geol. Jb., **77**: 615-644; Hannover.
- KLEIN-REESINK, J. & MINNIGERODE, C. (1983): Ein Braunkohleprofil aus dem Tertiär von Dörentrup/ Kreis Lippe (Ostwestfalen).
– Lippische Mitteilungen, **52**: 311-322; Detmold.

- KLEIN-REESINK, J. & RIEGEL, W. (1983): Kohlenpetrographische Aspekte der obermiozänen Braunkohle von Viehhausen (Oberpfalz)
– E. RUTTE – Festschrift (im Druck).
- KLEIN-REESINK, J., RIEGEL, W. & SCHAUB, K. (1982): Zur petrographischen Konstitution alt- und jungtertiärer Braunkohlen Niederhessens.
– Z. dt. geol. Ges., **133**: 309-337; Hannover.
- KLIEBHAN, H. (1961): Zur Kennzeichnung des Brikettierungsvermögens von Braunkohlen durch das Arbeitsvermögen der Briketts.
– Diss. TH Aachen, 59 S.; Aachen.
- KOCH, J. (1966): Petrologische Untersuchungen an jungpleistozänen Schieferkohlen aus dem Alpenvorland, der Schweiz und Deutschlands mit Vergleichsuntersuchungen an Torfen.
– Diss. TH Aachen, 186 S.; Aachen.
- KÜSTNER, E., SONTAG, E. & SÜSS, M. (1980): Zur internationalen Klassifikation von Braunkohlen für technologische Zwecke.
– Z. angew. Geol., **26** (6): 298-302; Berlin.
- MESTWERDT, A. (1910): Über Stratigraphie und Lagerungsverhältnisse der Tertiärvorkommen im Fürstentum Lippe.
– 3. Jahresbericht des Niedersächs. geol. Vereins: 179-190; Hannover.
- MESTWERDT, A. (1916): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und den benachbarten Bundesstaaten, Blatt Lemgo.
– Lieferung 197; Berlin.
- MESTWERDT, A. (1917): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und den benachbarten Bundesstaaten, Blatt Bösingfeld.
– Lieferung 197; Berlin.
- MEYER, B. & WILDER, H. (1981): Bericht über geologische Untersuchungen im Bereich des Dörentruper Tertiärvorkommen (Ostwestfalen).
– Geol. Landesamt NRW, Krefeld, unveröff.
- MINNIGERODE, C. (1981): Geologische und lagerstättenkundliche Untersuchungen im Nordteil der hessischen Senke, D.
– Dipl. Arb., Göttingen, 201 S., unveröff.
- MONTGOMERY, W.J. (1978): Standart Laboratory Test Methods of Coal and Coke.
– In: KARR, C. (Ed.) Analytical Methods for COAL and Coal products, Vol. I: 191-246; New York, San Francisco, London (Academic Press).
- OTTENJANN, K. (1980): Spektrale Fluoreszenz-Mikrophotometrie von Kohlen und Ölschiefen.
– Leitz Mitt. Wiss. u. Techn., **7**: 262-272; Wetzlar.
- OTTENJANN, K., TEICHMÜLLER, M. & WOLF, M. (1974): Spektrale Fluoreszenz-Messungen an Sporiniten mit Auflicht-Anregung, eine mikroskopische Methode zur Bestimmung des Inkohlungsgrades gering inkohlter Kohlen.
– Fortsch. Geol. Rheinl. u. Westf., **24**: 1-36; Krefeld.
- PETER, E. (1951): Über die Erschließung neuer Montanwachs-Vorkommen.
– Fette u. Seifen, **53**: 280-283; Berlin.
- PFLUG, H. & THOMSON, P.W. (1953): Pollen und Sporen des mitteleuropäischen Tertiärs.
– Paläontographica, Abt. B, **94**: 1-138; Stuttgart.
- REINECK, H.E. & SINGH, I.B. (1980): Depositional Sedimentary Environments.
– 2nd Ed., 1-549; Berlin, Heidelberg, New York (Springer).

- RIEGEL, W. (1965): Palynology of environments of peat formation in southwestern Florida.
– Thesis, Pennsylv. State Univ., 189 S., unpubl.
- ROSELT, G. (1969): Zum Problem der Vergelung der Kohlen.
– Freib. Forschungsh. C., **242**: 13-28; Leipzig.
- RUDOLF, K. & FIRBAS, F. (1927): Die Moore des Riesengebirges.
– Beih. Bot. Centralbl., **43**,2: 69; Jena.
- SCHAARSCHMIDT, F. (1968): Paläobotanik II.
– BI Hochschultaschenbücher 359/359 a; 100 S.; Mannheim.
- SCHNEIDER, W. (1978): Zu einigen Gesetzmäßigkeiten der faziellen Entwicklung im 2. Lausitzer Flöz.
– Z. angew. Geol., **24**: 13; Berlin.
- SCHEIDERHÖN, H. (1923): Chalkographische Untersuchung des Mansfelder Kupferschiefers.
– N. Jb. Miner., Geol., Paläont., B **47**: 1-38; Stuttgart.
- SCHWARZBACH, M. (1966): Das Klima des rheinischen Tertiärs.
– Z. dt. geol. Ges., **118**: 33-69; Hannover.
- SEIFERT, A. & RASCHER, J. (1979): Beitrag zur makropetrographischen Klassifikation von Weichbraunkohlen.
– Z. angew. Geol., **25**, H. 10: 458-465; Berlin.
- SONTAG, E. (1966): Mikrobotanische (palynologische) Untersuchungen am 2. Niederlausitzer Flözhorizont.
– Geologie, Jg. 16, Beih., **54**: 1-141; Berlin.
- SONTAG, E. & SÜSS, M. (1976): Zur makropetrographischen Analyse von Weichbraunkohlen.
Teil 1: Erfahrungen und Probleme bei der praktischen Anwendung.
– Z. angew. Geol., **22**, H. 5: 222-226; Berlin.
Teil 2: Empfehlungen eines internationalen Klassifikationssystems für Weichbraunkohlen.
– Z. angew. Geol., **22**, H. 7: 313-319; Berlin.
- STILLE, H. (1915): in KLEIN, G.: Handbuch für den Deutschen Braunkohlenbergbau.
– 880 S., Halle/Saale (Knapp).
- STRASSBURGER, E. (1978): Lehrbuch der Botanik.
– 1080 S., 31. Auflage; Stuttgart, New York (Fischer).
- STREMME, E. (1888): Beitrag zur Kenntnis der tertiären Ablagerungen zwischen Cassel und Detmold, nebst einer Besprechung der norddeutschen Pecten-Arten.
– Z. dt. geol. Ges., **40**: 310-354; Berlin.
- TAUBER, H. (1965): Differential pollen dispersion and the interpretation of pollen diagrams.
– Danm. Geol. Unders., Ser. II, **89**: 69 S.; Kopenhagen.
- TEICHMÜLLER, M. (1958): Rekonstruktion verschiedener Moortypen des Hauptflözes der niederrheinischen Braunkohle.
– Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf. **2**: 599-621; Krefeld.
- TEICHMÜLLER, M. & THOMSON, P.W. (1958): Vergleichende mikroskopische und chemische Untersuchungen der wichtigsten Faziestypen im Hauptflöz der niederrheinischen Braunkohle.
– Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **2**: 573-598; Krefeld.
- THOMSON, P.W. (1950): Die Entstehung von Kohlenflözen auf Grund von mikropaläontologischen Untersuchungen des Hauptflözes der Rheinischen Braunkohle.
– Braunkohle, Wärme, Energie, **21**: 39-43; Düsseldorf.
- THOMSON, P.W. (1952 a): Ombrogene Moorbildungen in der Rheinischen Braunkohle.
– Z. dt. geol. Ges., **104**: 159; Hannover.

THOMSON, P.W. (1952 b): Die Sukzession der Pflanzenvereine und Moortypen im Hauptflöz der Rheinischen Braunkohle mit einer Übersicht über die Vegetationsentwicklung im Tertiär Mitteleuropas.
– Berg. Geobotan. Forschungsinst. Rübel in Zürich **1950**: 80-87; Zürich.

THOMSON, P.W. (1956): Die Braunkohlenmoore des jüngeren Tertiärs und ihre Ablagerungen.
– Geol. Rdsch., **45**: 62-70; Stuttgart.

THOMSON, P.W. & PFLUG, H. (1952): Zur feinstratigraphischen Untersuchung von Braunkohleflözen.
– Geol. Jb., **66**: 559-576; Hannover.

TILL, R. (1974): Statistical Methods for the Earth Scientists.
– 1-154; London (MACMILLAN).

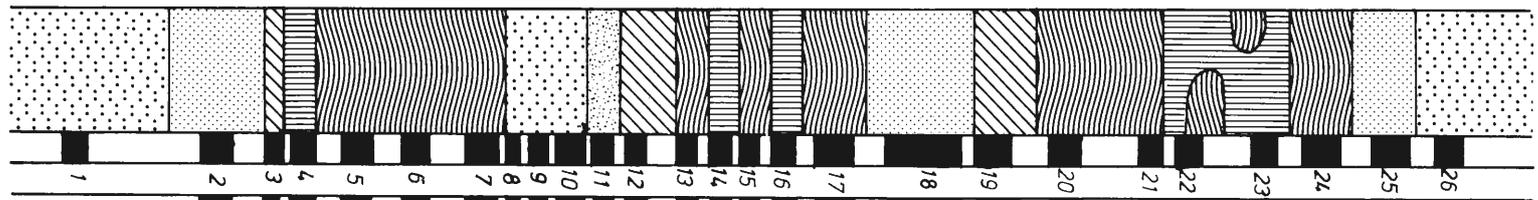
VOGT, W. (1970): Der makropetrographische Flözaufbau in den Tagebauen Frechen, Fortuna und In-den des rheinischen Braunkohlenreviers unter besonderer Berücksichtigung der Brikettiereigenschaften der Lithotypen.
– Diss. TH Aachen, 167 S.; Aachen.

8. Anhang

(200 Pollenkörner entsprechen 100 %)

Probe	Dö	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Sporites																								
<i>Neogenisporites plicatoides</i>			0,5																	0,5				
<i>Camazonosporites</i> fsp.	1				0,5	1,5			2,5		2,5	0,5		2,5	0,5	1	1			1		0,5		1,5
<i>Retriletes annotienoides</i>				0,5																				
<i>Retriletes</i> fsp.			0,5															0,5			0,5			
<i>Stereisporites minor</i>		1	1									2,5												
<i>Stereisporites stereoides</i>				4,5	8	3	2,5	2	1	1	1	3,5	1		2	4	1	4	2,5	2,5	3	3,5	3	1,5
<i>Stereisporites noctensis</i>					0,5		0,5				0,5													
<i>Stereisporites spremerbergensis</i>																						0,5		
<i>Stereisporites microgranulus</i>				5	6,5	5	2	4	1	2	1		1,5	4,5	4	4	2	4,5	1	4	3,5	4,5	3	5
<i>Stereisporites granulus</i>					1																			
<i>Echinatisporis miocenicus</i>																				0,5				
<i>Triplanosporites sinuosus</i>						0,5	0,5						0,5											
<i>Verrucatosporites alienus</i>					0,5		0,5					0,5	0,5											
<i>Verrucatosporites secundus</i>			0,5	0,5								0,5		0,5										
<i>Verrucatosporites</i> fsp.					0,5					0,5											0,5			
<i>Reticuloidosporites favus</i>			1,5	0,5	0,5	1							0,5								0,5			
<i>Laevigatosporites haardtii</i>	1	3			1,5	5,5	2,5			1	4,5	3	2,5	1,5	2,5	1		3,5	3,5	3	3,5	4,5	1	
Pollenites																								
<i>Inaperturopollenites polyformis</i>	9	2	6	2	11	11,5	23	8,5	6,5	14	10,5	13,5	13	17,5	13	10	10,5	10	11	7,5	12	11,5	9	
<i>Inaperturopollenites hiatus</i>	3,5	1		4	10	12	9	1,5		4,5	5,5	5,5	6,5	7	8,5	5	1,5	0,5	1,5	2	6	4,5	4	
<i>Inaperturopollenites magnus</i>				1	3	1								2	1			2				4	0,5	
<i>Inaperturopollenites dubius</i>	4		7	10	2,5	16,5	19	2	8	8,5	7,5	8,5	9,5	12,5	7	8,5	9	4,5	7	5	6	4,5	4,5	
<i>Pityosporites labdacus</i>	5	8	7,5	6	7	3	1	8,5	3,5	1	4	4	5	2	2	3	1,5	6	6	5,5	3,5	2,5	3,5	
<i>Pityosporites microalatus</i>		3,5	1								1													
<i>Pityosporites cedroides</i>	3,5	1,5	5	4	2,5	1,5		3,5	2	1	1	3	2				2,5	0,5	4	2,5	1,5	2	2	1
<i>Pityosporites absolutus</i>		1	1	0,5				1	0,5			2					1	0,5			1			
<i>Pityosporites</i> fsp.	14,5	2	2		0,5	5,5	3	15	15	13	4	7,5	5,5	4,5	6	9	11	7,5	9,5	11	5	7	5	
<i>Monocolpopollenites serratus</i>	18	1,5	2,5	4,5	9,5	10,5	13	11,5	17,5	8,5	6	10	10,5	9,5	9,5	17	13,5	8,5	10,5	9	9	10,5	12	
<i>Ephedripites</i>												0,5												
<i>Monocolpopollenites</i>	3		1	1	2,5	3	7	1,5	2,5	1,5			0,5	0,5	1,5	3	1		2,5	0,5	2,5	1,5	3	
<i>Triatriopollenites excelsus</i>	0,5	0,5																						
<i>Triatriopollenites rurensis</i>	2,5	1	0,5	1				1	2		1	2			1,5	2,5	3	2,5	0,5		1,5		1	
<i>Triatriopollenites rurobituitus</i>												0,5						0,5						
<i>Triatriopollenites bituitus</i>	1	1	1	2,5						0,5					2				0,5		1			
<i>Triatriopollenites myricoides</i>	1												0,5		0,5				0,5					
<i>Triatriopollenites coryphaeus</i>			0,5																					
<i>Triatriopollenites microcoryphaeus</i>																						0,5		
<i>Triporopollenites megagrifer</i>			0,5																					
<i>Triporopollenites rhenanus</i>	1,5	2	1,5	0,5	0,5	1				0,5		1	1,5			1		1			0,5	1,5	2,5	
<i>Triporopollenites</i> fsp.							0,5																	

Probe	Dö	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Pollenites																									
<i>Trivestibulopollenites betuloides</i>				1,5							0,5			1	0,5										
<i>Trivestibulopollenites</i> fsp.							1,5				1,5			1				1	1	1,5		0,5	1		
<i>Polyvestibulopollenites metaplasmus</i>		1,5		1,5	3	0,5	1		0,5	0,5	0,5	1		2	1,5	2	1,5	3	2,5	0,5	1,5	2	1,5	3	
<i>Polyvestibulopollenites</i> fsp.					0,5		1,5	4	1	2,5	0,5	0,5			0,5		1,5	1	1		0,5			1,5	
<i>Juglans-pollenites verus</i>			3	1	0,5		0,5						0,5												
<i>Juglans-pollenites</i> fsp.													0,5		1										0,5
<i>Polyatrio-pollenites</i> fsp.		1		0,5		1,5									1		0,5	1							
<i>Carya-pollenites</i>						0,5					0,5	1	1					0,5		0,5	2	2,5	2	1	
<i>Pollenites punctatus</i>		3	0,5		1,5		1		1	1,5	0,5					1				0,5	0,5		0,5		
<i>Pollenites quietus</i>				0,5	0,5	0,5						1	1												
<i>Pollenites levis</i>		1	0,5		1				1	1	1,5				0,5		1	0,5	0,5	0,5		1	1		
<i>Polyporopollenites</i> fsp.		0,5											0,5									0,5	2		
<i>Symplocospollenites</i>			0,5		0,5	1			0,5				1,5		0,5	1			0,5	0,5				1,5	
<i>Porocolpopollenites vestibulum</i>				0,5		0,5								0,5		0,5									
<i>Porocolpopollenites</i> fsp.		0,5													0,5	0,5		0,5							
<i>Intratriporopollenites instructus</i>								1	0,5	0,5	0,5	2								0,5			1,5	0,5	
<i>Periporopollenites</i> fsp.																		1,5							
<i>Chenopodiaceae</i> fsp.														0,5											
<i>Tricolporopollenites microhenrici</i>			1									0,5		1	0,5										
<i>Tricolporopollenites henrici</i>		3,5	6,5	4	4,5	9,5	2,5	5	1	3	7,5	8	5	9,5	7	7	6	2,5	7,5	4,5	6	2,5	7	7	
<i>Tricolporopollenites edmundi</i>							0,5				1		0,5						0,5						
<i>Tricolporopollenites</i> (nyssoides F.)																				0,5			1		0,5
<i>Tricolporopollenites dolium</i>		2				3,5	2	1	3,5	1	2,5					1	2		2	1,5	2	2	2	4	
<i>Tricolporopollenites liblarensis</i>		0,5		0,5	0,5		0,5	5	0,5		1,5		1,5	0,5	0,5	3	2,5	0,5	2		1	2	1,5	1,5	
<i>Tricolporopollenites parmularius</i>														1			1								
<i>Oligopollis</i>														0,5											
<i>Tricolporopollenites cingulum</i>													1										1		
<i>Tricolporopollenites pseudocingulum</i>						0,5																			
<i>Tricolporopollenites pusillus</i>		0,5		0,5	0,5			1								0,5	2,5	1			0,5				1,5
<i>Tricolporopollenites exactus</i>							0,5			0,5								0,5							
<i>Tricolporopollenites megaxactus</i>		0,5	1								1		0,5			0,5									
<i>Tricolporopollenites parasper</i>														0,5											
<i>Tricolporopollenites iliacus</i>		2,5						1	1		3,5			2	3	0,5	3	2			1,5	0,5	1,5		
<i>Tricolporopollenites clavopolatus</i>					0,5	2	3					3	1,5			1,5			1,5	1	1		0,5		
<i>Tricolporopollenites</i> (reticulate F.)											1					2			1	2	2,5	1	2	1,5	
<i>Tricolporopollenites retiformis</i>				0,5	0,5																				
<i>Tricolporopollenites striatoreticulatus</i>															0,5										
<i>Tricolporopollenites</i> fsp.						1	1						2,5	0,5									1,5		
<i>Ericipites globosus</i>		4	3	1					8,5	4	3,5		0,5				1,5	4		3	5	2,5	3	7	
<i>Ericipites ericius</i>		8	31,5	28	31	12	6,5		16,5	11,5	7,5	16	12,5	12,5	12	11,5	6,5	6,5	18	13	12,5	13	3	13	
<i>Ericipites callidus</i>		2,5	16	11	14,5	6,5	2		5,5	9,5	3,5	8	6,5	4	3	6,5	3,5	4	10	7	7	4	4,5	6	
Tertrade cf. <i>Acastus</i>												2				1,5	1			0,5					



Stereisporites fssp.

Laevigatosporites haardtii

Inaperturopollenites polyformosus

I. hiatus

I. dubius

Pityosporites labdacus

P. cedroides

Pityosporites fsp.

Monocolpopollenites serratus

Monocolpopollenites

Myricaceae

Betulaeae

Platycarya - Engelhardtia-Formen

"henricoides" *Formen*

"iliacoides" *Formen*

Ericipites fssp.

