

DOCUMENTA naturae 55 S. 90 – 99 4 Abb. 3 Tab. München 1989

Petrographie und organische Geochemie eines Flözprofiles  
aus dem Unterflöz der Oberpfälzer Braunkohle

Janet Dehmer und Monika Wolf

Lehrstuhl für Geologie, Geochemie und  
Lagerstätten des Erdöls und der Kohle  
RWTH Aachen

### Zusammenfassung

Um die Fazies des Unterflözes aus dem Tagebau Oder-West zu charakterisieren, erfolgte eine gemeinsame Betrachtung der kohlenpetrographischen und organisch-geochemischen Eigenschaften der Kohlen.

Die Kohle des Unterflözes besteht vorwiegend aus einer Mischung von Humodetrinit und Ton; diese Grundmasse ist mit stark vergeltem Humotelinit durchsetzt. Liptinit ist in einigen Lithotypen angereichert und besteht vorwiegend aus Liptodetrinit. Mikroschichtung und frambiodaler Pyrit treten regelmäßig in der Kohle auf.

Chemofossilien in der Alkanfraktion deuten auf bakterielle Aktivität (Hopane), den Input von höheren Landpflanzen ( $n\text{-C}_{25}$  -  $n\text{-C}_{33}$  Alkane,  $\text{C}_{27}$ - und  $\text{C}_{29}$ -Sterene) und auf starke Beteiligung von Gymnospermen (Sesqui- und Diterpane) hin.

Die Fazies des Unterflözes ist als ein sehr nasser, nährstoffreicher Sumpf mit einem relativ hohen pH-Wert zu beschreiben in welchem hauptsächlich Gymnospermen als die die Braunkohlen bildenden Pflanzen nachgewiesen werden können.

### 1. Einleitung

Die Braunkohlenformation der Oberpfalz in der Gegend von Wackersdorf stellt nach Tillmann (1956) die Füllung eines Talsystems der Urnaab dar. Die Schichten des Braunkohlentertiärs sind bis zu 60 m mächtig und wurden im mittleren Miozän (Grenze Helvet-Torton) abgelagert (Jung et al., 1971). Es gibt zahlreiche Arbeiten über die die Braunkohlen bildende Flora, die in den Kohlen und in benachbarten Tonen durch palynologische und paläobotanische Untersuchungen nachgewiesen worden ist (Peters, 1963; Jung, 1972; Jung und Knobloch, 1971; Jung et al., 1971; Gregor, 1977, 1978; Gregor und Jung, 1977 und Thiele-Pfeiffer, 1980). Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in die hier vorgelegten Betrachtungen einbezogen worden.

Es sind wenig kohlenpetrographische und vor allem organisch-geochemische Untersuchungen über die Oberpfälzer Braunkohle bekannt. Klein-Reesink und Riegel (1983) haben verschiedene Braunkohlenlithotypen aus einem Flöz von Viehhausen untersucht. Weiterhin hat Klein-Reesink (1984) Kohlenflöze aus Hofenstetten und Vizthum makro- und mikropetrographisch analysiert. Wolf (1981) hat Stichproben aus dem Unterflöz von Oder-West mikropetrographisch betrachtet. Einige Kohlenproben von der Oberpfälzer Braunkohle sind von Klein-Reesink (1984) auch organisch-geochemisch untersucht worden.

Es ist unser Ziel, durch eine detaillierte petrographische und organisch-geochemische Untersuchung die Fazies des Unterflözes im Tagebau West näher zu charakterisieren.

### 2. Methoden

Aus dem Grubenfeld Wackersdorf wurde ein Profil des Unterflözes im Tagebau Oder-West genommen. Nach einer detaillierten Geländebeschreibung des Kohlenflözes wurden die Proben abhängig von den wechselnden Kohlenlithotypen genommen. Insgesamt wurden siebzehn Proben aufgesammelt.



Die Kohlenproben wurden gefriergetrocknet und nach DIN 51701 aufbereitet. Ein repräsentativer Probenteil der Korngröße von  $\leq 1$  mm diente der Schliﬀherstellung. Für die chemische Analyse wurde es erforderlich, die Kohle bis auf eine Korngröße von  $< 0.2$  mm zu mahlen.

Die mikroskopische Untersuchung an polierten Anschliﬀen erfolgte im Auflicht-Hellfeld und im Fluoreszenzlicht bei 400facher Vergrößerung. Maceralidentifizierung und Maceralanalyse wurden nach den Vorschriften bzw. Definitionen des Internationalen Lexikons für Kohlenpetrographie (1971) vorgenommen. An den gefriergetrockneten und anschließend feingemahlten Proben wurden die Analysenfeuchtigkeit nach DIN 51718 bei 106°C im Umluftofen und der Aschegehalt nach DIN 51719 bei 815°C im Zweikammerofen ermittelt.

Für die organisch-geochemischen Analysen wurden ausgewählte Kohlenproben mittels einer Soxhlet-Apparatur mit Dichlormethan 24 Stunden extrahiert. Die gewonnenen Lösungen wurden am Vakuum-Rotorevaporator verdampft und die Extraktausbeuten gewogen. Zwischen 100 mg und 150 mg Extrakt konnten mittels Säulenchromatographie mit verschiedenen organischen Lösungsmitteln (n-Hexan, Dichlormethan und Methanol) in die Alkane, Aromaten und Heterokomponenten getrennt werden. Nach der Trennung wurden die Fraktionen bei Raumtemperatur eingedampft und anschließend gewogen.

Die Analyse der Alkanfraktionen erfolgte gaschromatographisch in einem Kapillar-Gaschromatographen der Firma CARLO ERBA. Nach der GC-Analyse wurden einige Proben mittels Gaschromatographie/Massenspektrometrie untersucht. (Für nähere Angaben der Analyseverfahren siehe Dehmer, 1988).

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Makro- und Mikropetrographie des Unterflözes im Tagebau Oder-West

Im Tagebau Oder-West war das Unterflöz nicht an einer Stelle vollständig zugänglich, deswegen wurde es in zwei Abschnitte gegliedert. Die Kohle des Profilabschnittes I bestand aus einem drei Meter mächtigen Horizont von dichter ungeschichteter Kohle. Diese enthielt keine Zwischenmittel. Stubben und Xylite traten im Flözprofil zwischen 1.5 m und 2.5 m auf. Dieser Profilabschnitt entspricht dem, aus dem der aufrecht stehende Glyptostrobus-Stamm bekannt wurde (Gregor, 1981).

Im Gegensatz zu Profilabschnitt I zeigt der Profilabschnitt II, vom unteren Profilabschnitt durch ein toniges Zwischenmittel getrennt, eine ungefähr 3.70 m mächtige, starke Wechsellagerung von xylitführender Kohle, kohligem Ton und Sandschichten. Beispiele von geschichteter und ungeschichteter Kohle waren vorhanden. Fusite und Mineraleinlagerungen traten regelmäßig auf. Nennenswert ist, daß der obere Teil des Unterflözes doppelt so viele Xylite enthielt wie der untere (s. Abb. 1).

Tabelle 1 und 2 geben die Maceralzusammensetzung des Unterflözes aus dem Tagebau Oder-West wieder. Im allgemeinen bestehen die Kohlen aus einer Mischung von Humodetrinit und Ton. Oft sind stark vergelte Texto-Ulminite und Ulminite eingebettet. Diese bestehen häufig aus dicken Zellwänden des dunklen A-Typs, der auf Gymnospermen zurückzuführen ist. Die mikroskopisch festgestellten Anreicherungen von Texto-Ulminiten stehen in Einklang mit der makropetrographischen Ansprache der Kohle. Gelegentlich sind die Zellumen des Holzgewebes mit Resinit gefüllt, was auf Pinaceen-Holz hinweist, wie z.B. in den Proben Nr. 84075 und Nr. 84078. Humocollinit tritt in untergeordneten Mengen von weniger als 8 Vol.-% auf.

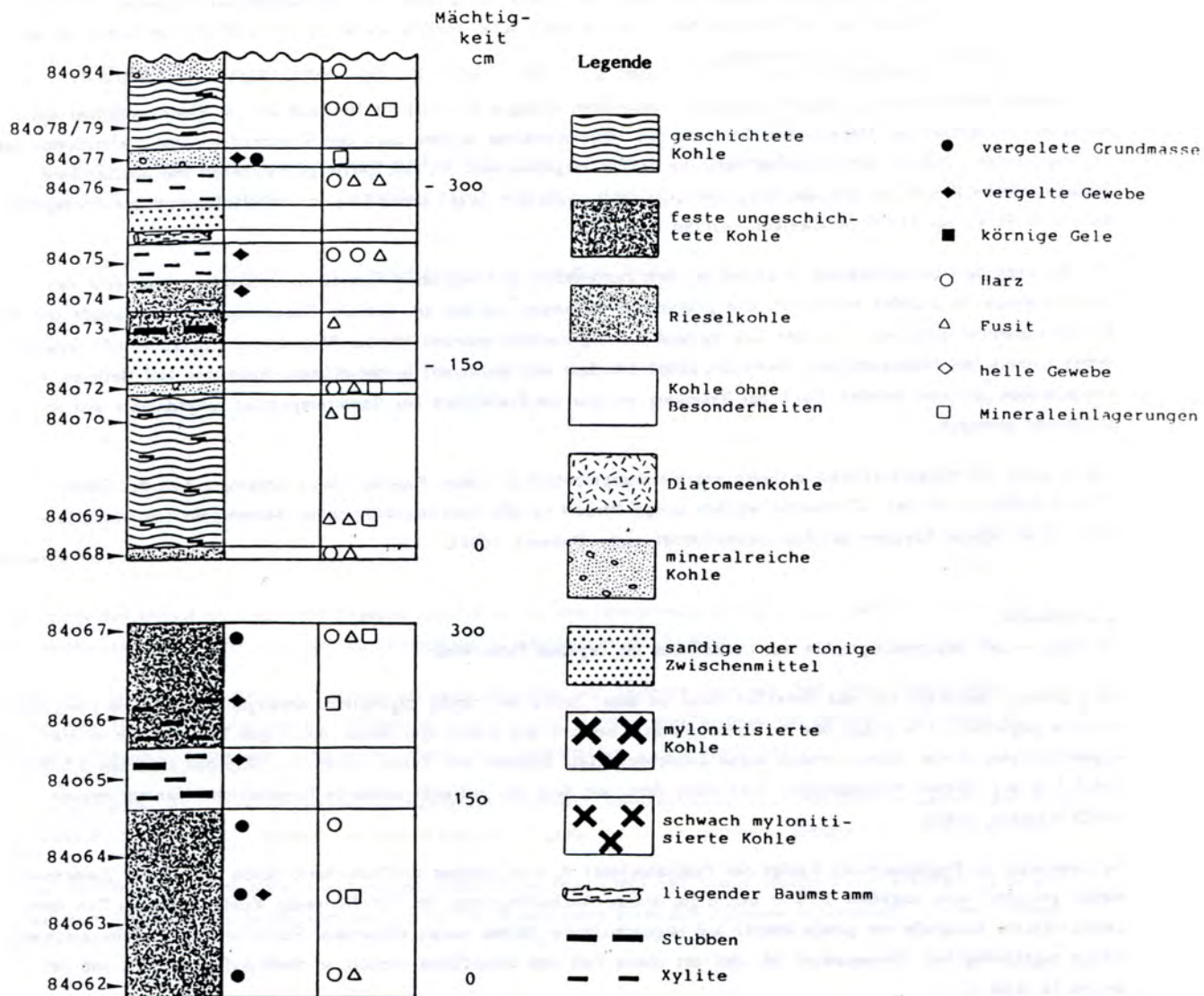
Unter Blaulichtanregung zeigt die Kohle eine Vielfalt von Liptinitmaceralen. Das Hauptliptinitmaceral ist der Liptodetrinit, der meist zu mehr als 75 % vorkommt (s. Tab. 2). Anreicherungen treten vor allem im Profilabschnitt I auf, in dem der Mineralgehalt sehr hoch ist.

Die Resinit-Körner weisen Oxidationsränder auf, was auf Kontakt mit Luftsauerstoff vor der Einbettung hindeutet. Sporinit und Cutinit kommen relativ häufig vor und sind vor allem im Profilabschnitt I vorhanden. Besonders auffallend ist das Fehlen von Suberinit. Chlorophyllinit und Fluorinit sind in Spuren nachweisbar.

Die Inertinit-Macerale machen zwischen 1 Vol.-% und 7 Vol.-% aus. Fusinit und Inertodetrinit sind am häufigsten vorhanden, Semifusinit ist kaum vertreten, und Sclerotinit kommt meist mit weniger als 1 Vol.-% vor.

Außer dem reichlichen Auftreten von Ton, ist framboidaler Pyrit relativ häufig zu sehen. Deutliche Mikroschichtung ist in den meisten Proben vorhanden.





Skala 1:40

Abb. 1: Der makropetrographische Aufbau des Unterflözes - Profilabschnitt I und II - der Oberpfälzer Braunkohle, Tagebau Oder-West

Zur besseren Vergleichbarkeit der Kohlenproben ist in Abbildung 2 der mikropetrographische Aufbau des Unterflözes, bezogen auf den mineralfreien (mf) Zustand, dargestellt. Deutlich zu erkennen ist in Profilabschnitt I das fast spiegelbildliche Verhalten von Humodetrinit- und Liptinitgehalt. Anders verhält sich Profilabschnitt II. Hier sieht man, daß ein hoher Humotelinitgehalt einem niedrigen Humodetrinit- und Liptinitgehalt entspricht.

Abbildung 3 zeigt die Verteilung des Aschegehaltes im Unterflöz des Tagebaus Oder-West. Meist liegt der Aschegehalt über 20 Gew.-% wf und schwankt besonders stark im Profilabschnitt II. Vergleicht man Abb. 3 und Abb. 2, so sieht man deutlich, daß Liptinit- und Aschegehalt den im Profilabschnitt I gleichen Verlauf haben.

Tab. 1: Maceralzusammensetzung des Unterflözes der Oberpfälzer Braunkohle aus dem Tagebau Oder-West  
(Angaben in Vol.-%)

Profil- abschnitt	Proben Nr.	Humo- detrinit	Humo- telinit	Humo- collinit	Inertinit	Liptinit	Minerale
	84094	-	-	-	-	5	-
	84079	33	4	5	2	4	56
	84078	42	35	6	< 1	5	17
	84077	39	6	< 1	-	3	51
	84076	66	18	3	5	2	8
II	84075	54	39	2	-	4	5
	84074	57	3	< 1	< 1	7	38
	84073	67	17	2	1	6	12
	84072	45	13	5	2	< 1	36
	84070	75	8	2	< 1	5	14
	84069	59	19	2	2	11	17
	84068	48	35	4	7	8	7
	84067	40	6	2	2	12	50
	84066	39	15	3	1	12	41
I	84065	20	9	5	2	18	63
	84064	42	11	2	3	23	37
	84063	39	10	8	< 1	6	32
	84062	52	10	2	4	6	30

Tab. 2: Liptinitzusammensetzung des Unterflözes der Oberpfälzer Braunkohle aus dem Tagebau Oder-West  
(Angaben bezogen auf den Liptinitgehalt, s. Tab. 1)

Profil- abschnitt	Proben Nr.	Sprinit	Resinit	Cutinit	Fluorinit	Liptodetrinit
	84094	7.4	-	-	-	92.6
	84079	4.8	4.8	-	-	90.5
	84078	-	8.3	-	-	91.7
	84077	-	61.5	-	-	38.5
	84076	-	66.7	22.2	11.1	-
II	84075	-	27.3	27.3	-	45.5
	84074	2.9	23.5	8.8	-	64.7
	84073	3.6	28.6	-	-	67.9
	84072	-	-	-	-	100.0
	84070	3.7	11.1	-	-	85.2
	84069	5.6	-	3.7	-	90.7
	84068	2.6	-	-	-	97.4
	84067	8.6	10.3	-	-	81.0
	84066	8.6	3.5	-	-	87.9
I	84065	4.3	2.2	3.3	-	90.2
	84064	-	25.2	-	-	74.8
	84063	20.7	13.8	17.2	-	51.7
	84062	20.7	34.5	13.8	-	31.0



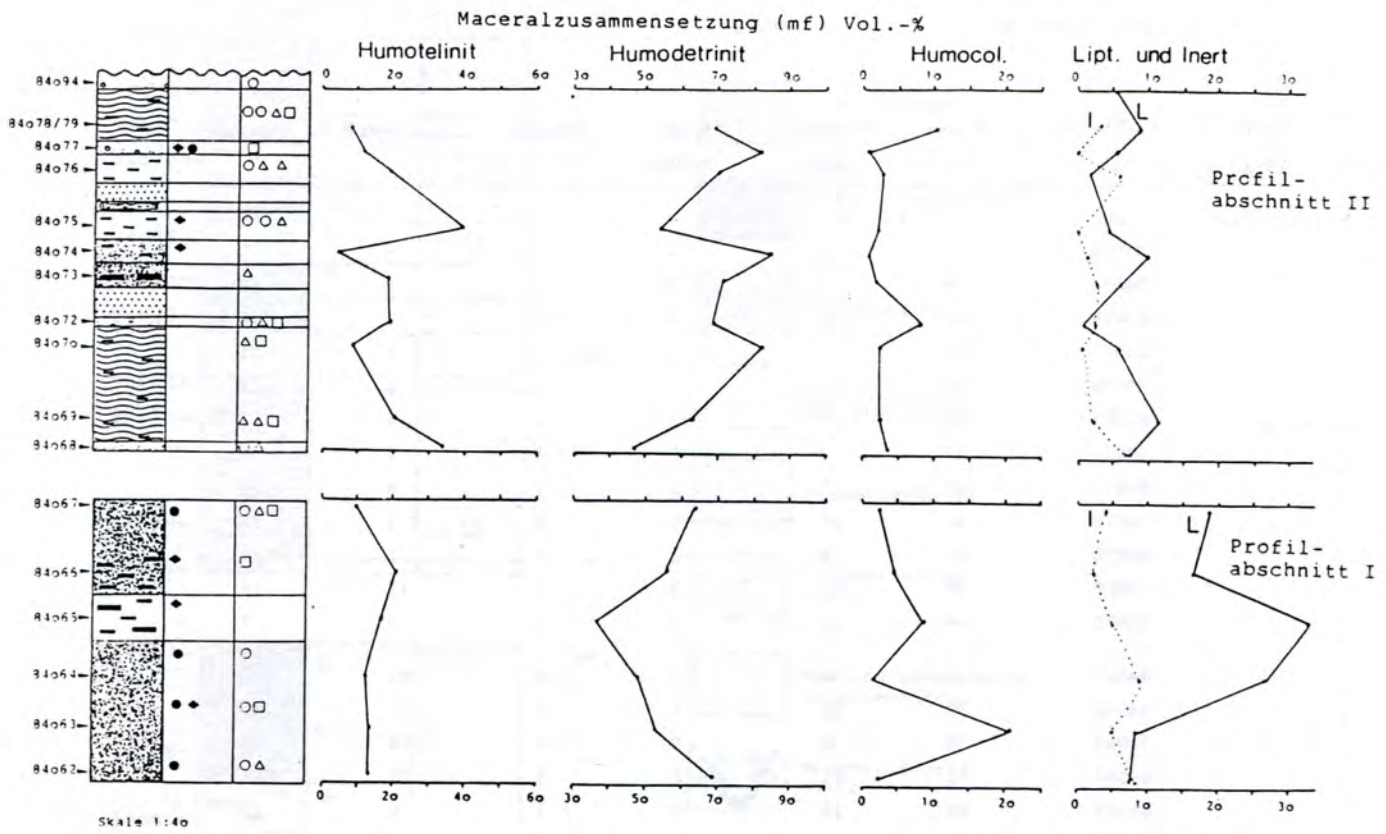


Abb. 2: Mikropetrographischer Aufbau des Unterflözes der Oberpfälzer Braunkohle, Tagebau Oder-West (minerafrei)

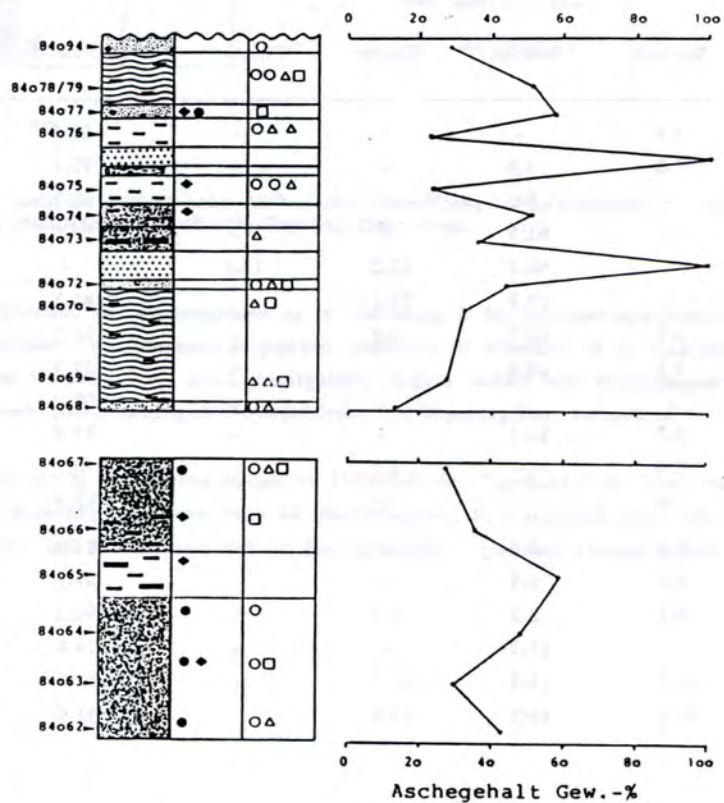


Abb. 3: Petrographischer Aufbau und Aschegehalt des Unterflözes der Oberpfälzer Braunkohle, Tagebau Oder-West

### 3.2 Organische Geochemie

Tabelle 3 zeigt die Extraktausbeuten und die Zusammensetzung der Alkanfraktion von ausgewählten Kohlenproben aus dem Unterflöz. Im Vergleich zur Rheinischen Braunkohle sind die Extraktmengen aus der Oberpfälzer Kohle zwei- bis dreimal so hoch (Dehmer, 1988). Nach der chromatographischen Trennung des Extraktes macht die Alkanfraktion weniger als 2 % aus. Die Hauptbestandteile des Extraktes sind Heterokomponenten und Asphaltene, die meist zu mehr als 95 Gew.-% auftreten.

Tab. 3: Extraktausbeute und chemische Zusammensetzung der Alkanfraktion ausgewählter Lithotypen aus der Oberpfälzer Braunkohle (Angaben in %)

Proben Nr.	Extrakt Gew.-% waf	n-Alkane	Sesquiterpane	Diterpane	Hopane	Sterene	Identifiziert
84078	5.8	17.5	(+)	61.3	8.8	1.9	89.5
84075	4.3	18.9	+ + +	61.8	6.8	1.3	98.8
84074	11.0	17.6	+ + +	66.7	10.6	1.4	96.3
84069	9.5	2.1	+(+)	37.8	6.2	-	46.1
84064	14.5	1.8	-	46.4	8.4	-	56.6
84062	5.4	42.3	(+)	38.0	6.0	5.1	91.4

Die Ergebnisse der gaschromatographischen und massenspektrometrischen Analysen der Alkanfraktion zeigen einige sehr deutliche Unterschiede in ihrer Zusammensetzung. Die Anwesenheit bestimmter Chemofossilien gibt zusätzliche Hinweise auf den Pflanzeneintrag und die Faziesbedingungen im Moor. Abbildung 4 zeigt ein typisches Gaschromatogramm (Probe Nr. 84074) und einige Massenspektren von den identifizierbaren Verbindungen.

Die n-Alkane bestehen vorwiegend aus ungeradzahligem Vertretern von n-C<sub>25</sub> bis n-C<sub>35</sub>. Kurzketten Alkane mit weniger als 20 C-Atomen treten kaum auf. Die langkettigen n-Alkane stammen von höheren Pflanzenwachsen und Pflanzenalkoholen ab (Tissot & Welte, 1984). In den Kohlenproben Nr. 84064 und Nr. 84069 sind die n-Alkane mit weniger als 2 % nur noch in Spuren vertreten. Hier sind vor allem zyklische Verbindungen (wie Diterpane, Hopane etc.) mit einem nicht aufgelösten komplexen Gemisch ("NKG Berg") vorhanden. Dieser NKG-Berg ist oft in biodegradierten Ölen zu finden, in denen die n-Alkane von aeroben Bakterien abgebaut worden sind.

Das Vorkommen von Sesqui- und Diterpanen deutet auf die Beteiligung von Gymnospermen hin (Hollerbach, 1980; Tissot & Welte, 1984). Bemerkenswert ist der hohe Anteil an Diterpanen, der bis zu 67 % der Alkanfraktion ausmacht. Die Hauptverbindung (Z) ist das Diterpan Phyllocladan (s. Abb. 4). Phyllocladan ist ein Reaktionsprodukt von Phyllocladin/Kauren, das in den Koniferenharzen von Podocarpaceae, Araucariaceae und Cupressaceae nachgewiesen worden ist (Thomas, 1970; Hollerbach, 1980; Noble et al., 1985).

$\Delta^4/\Delta^5$  C<sub>27</sub>- und C<sub>29</sub>-Sterene kommen in untergeordneten Mengen meist unter 2 % vor. Diese Verbindungen stammen von Sterolen höherer Landpflanzen ab. Reduktion und Dehydratisierung führt zur Sterenbildung (Rullkötter, 1984). Triterpenoide, Chemofossilien die auf Angiospermen hinweisen, sind kaum zu finden. Der Hopangehalt deutet auf Bakterien hin (Ourisson et al., 1979). Die Hopanverbindungen stammen von den Alkoholen C<sub>30</sub>-Diplopterol und C<sub>35</sub>-Bakteriohopantetrol (Ourisson et al., 1979) ab. Bei den Hopanen in der Kohle aus dem Unterflöz ist das 17 $\alpha$ (H), 21 $\beta$ (H) -C<sub>31</sub>-Homohopan (P) die Hauptkomponente. 17 $\alpha$ (H), 21 $\beta$ (H) -C<sub>31</sub>-Homohopan ist eine signifikante Verbindung in Torf und Braunkohle (Dehmer, 1988) und ist in vielen verschiedenen Braunkohlenvorkommen nachgewiesen worden (z.B. van Dorsselaer et al., 1975; Hagemann und Hollerbach, 1979; Johns et al., 1984; Winkler, 1985; Dehmer, 1988). Ihre Bedeutung für die Interpretation von Torf- und Braunkohlenfazies ist nicht ganz klar. Weitere Hopanoide, die in dem Unterflöz vorkommen, sind 17 $\beta$ (H), 21 $\beta$ (H)-Homohopan (R) und Hop-17(21)-en (M).



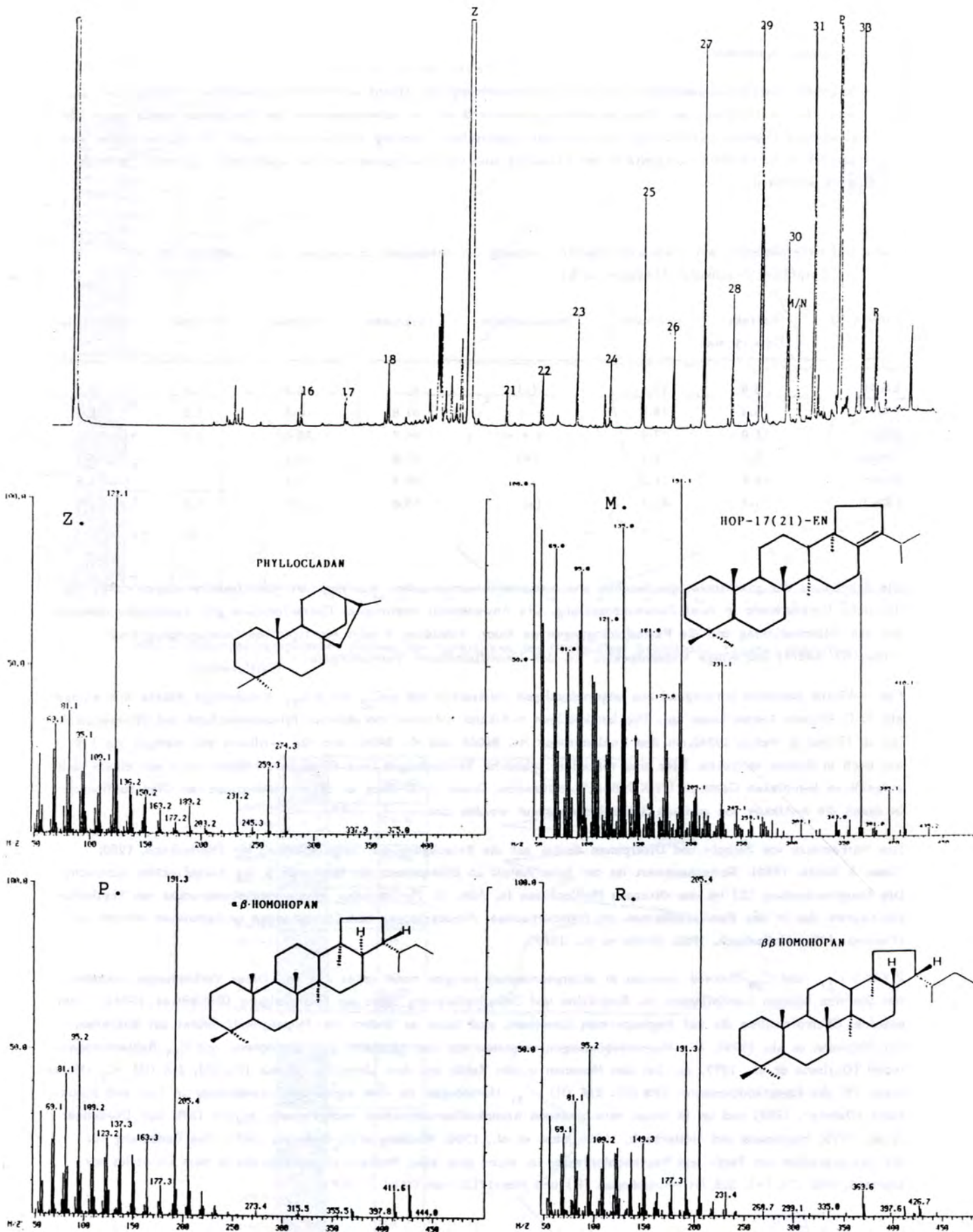


Abb. 4: Beispiel eines Gaschromatogramms der Alkanfraktion und Massenspektren der einzelnen Verbindungen der Probe Nr. 84074 aus dem Unterflöz der Oberpfälzer Braunkohle, Tagebau Oder-West.

#### 4. Diskussion der Ergebnisse und Faziesinterpretation

Das Unterflöz der Oberpfälzer Braunkohle aus dem Tagebau Oder-West repräsentiert einen sehr nassen Waldsumpf mit offenen Wasserflächen. Die Torfablagerungen wurden regelmäßig durch die Urnaab überflutet, wobei feine Tonpartikel ins Moor geschwemmt wurden. Zusammen mit dem hoch stehenden Grundwasserspiegel führten diese Verhältnisse zur Bildung einer Kohle mit einem sehr hohen Mineral- bzw. Aschegehalt.

Als der untere Teil des Flözes (Profilabschnitt I) abgelagert wurde, haben deutlich sub-aquatische Bedingungen geherrscht. Profilabschnitt I entspricht vermutlich einem offenen Moor mit Ried- und Wasserpflanzen und strauchartigen Gewächsen, in dem vor allem hypautochthone und allochthone Sedimente zur Ablagerung kamen. In diesem Milieu gedeiht auch *Glyptostrobus*, wie der aufrecht stehende Stamm zeigt (s. auch v.d. Brellie & Wolf, 1981).

Profilabschnitt II entspricht einem Sumpfwald-Komplex, in dem Gymnospermen stark vertreten waren (hohe Textonit- und Diterpenegehalte).

Die Anreicherung an Liptiniten vor allem Liptodetrinit, im Profilabschnitt I weist auf sub-aquatische Faulschlammbedingungen hin. Dagegen ist der höhere Liptinitgehalt einzelner Proben im Profilabschnitt II auf häufigere aerobe und trockenere Perioden zurückzuführen, wofür die Zersetzung von Pflanzengewebe zu Pflanzendetrinit (Humodetrinit) und der Erhalt widerstandsfähigen Liptiniten sprechen (z.B. Probe Nr. 84074, s. Abb. 2).

Obwohl framboidaler Pyrit auf reduzierende Ablagerungsbedingungen hindeutet, war das Moor an der Oberfläche relativ gut durchlüftet (Oxidationsränder an Resinit; Abbau von n-Alkanen, hoher Anteil an Liptodetrinit). Das Sauerstoffangebot hing von der kontinuierlichen Zufuhr von frischem Wasser ab. Dieses Wasser brachte außerdem auch zahlreiche Nährstoffe in das Moor: an den Ton gebundene Kationen und Ca-Ionen aus dem Kreide-Untergrund oder den aufgeschlossenen Jura-Ablagerungen im Norden. Dies resultierte in einem relativ eutrophen und schwach saueren bis alkalischen Milieu. Weiterhin wurde durch diese Bedingungen das Sauerstoffangebot rasch von Bakterien genutzt, worauf das Vorkommen der Hopane hinweist. Wegen der Nässe im Moor war Pilzaktivität von geringer Bedeutung, worauf niedriger Sclerotinitgehalt und wenig Semifusinit hinweisen. Das Auftreten von Fusinit und Inertodetrinit ist wahrscheinlich auf Wind- oder Wassertransport zurückzuführen.

Da das Milieu relativ alkalisch war, blieben die Liptinite schlecht erhalten (Diessel, 1982). Ein hoher pH-Wert begünstigt zusätzlich mikrobiologische Aktivitäten und dadurch eine starke Zersetzung des organischen Materials, vor allem des organischen Materials der Angiospermen.

#### 4. Fazit

Die petrographischen und organisch-geochemischen Ergebnisse weisen auf eine stärkere Dominanz der Gymnospermen im Moor hin als die paläobotanischen Untersuchungen gezeigt haben. Dafür gibt es mehrere Gründe. Von Art zu Art wechselnde Pollenproduktion, unterschiedliche Erhaltung der Sporomorphen, je nachdem ob sie vorwiegend durch die Luft oder im Wasser transportiert werden, sind hier genau so zu nennen wie die unterschiedliche Erhaltungsfähigkeit der einzelnen Pflanzenteile. Von der krautigen Vegetation ist petrographisch fast nichts mehr zu sehen und auch der geochemische Nachweis dürfte schwierig sein, weil die Abbauprodukte dieser Pflanzen durch die Moorwässer unter Umständen abtransportiert worden sind. Resistente Gymnospermenhölzer sind dagegen stets im Torf und in der Kohle zu finden; ihre sich nur langsam bildenden Abbauprodukte bleiben auch erhalten und werden im Laufe der Inkohlung weiter zu den heute nachweisbaren "Chemofossilien" umgestaltet.

Der Vergleich mit entsprechenden Untersuchungen an rheinischer Braunkohle (Dehmer, 1988), durch die dort die eindeutige Vorherrschaft von Angiospermen im Moor auch geochemisch nachweisbar war, läßt darauf schließen, daß innerhalb der Busch- und Baumvegetation die Gymnospermen im Moor der Urnaab sicher das vorherrschende Element waren. Soweit geht der selektive Abbau nicht, daß das ursprüngliche Vegetationsbild vollständig verzerrt wäre. Das zutreffendste Bild einer Rekonstruktion der tertiärzeitlichen Oberpfälzer Moore ergibt sich sicher aus der Kombination aller Ergebnisse aus den unterschiedlichen geowissenschaftlichen Disziplinen.



## Literatur

- Brelie, G. von der & Wolf, M. (1981): Zur Petrographie und Palynologie heller und dunkler Schichten im rheinischen Hauptbraunkohlenflöz.- Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf. 29: S. 95-163, Krefeld.
- Dehmer, J. (1988): Petrographische und organisch-geochemische Untersuchungen an rezenten Torfen und tertiären Braunkohlen - Ein Beitrag zur Fazies und Genese gebänderter Braunkohlen.- Dr. rer. nat. Thesis; RWTH Aachen. 341 S.
- Diessel, C.F.K. (1982): An appraisal of facies based on maceral characteristics.- Austral. Coal Geol. Vol. 4(2), S. 474-483; Sydney.
- DIN 51701 (1950): Probennahme und Probenaufbereitung von körnigen Brennstoffen. Berlin, Köln.
- DIN 51718 (1978): Bestimmung des Wassergehalts. Berlin, Köln.
- DIN 51719 (1978): Bestimmung des Aschegehalts. Berlin, Köln.
- Gregor, H.J. (1981): Neues aus dem Oberpfälzer Braunkohlen-Tertiär.- Dokumenta naturae Nr. 2; 41 S.; München.
- Gregor, H.J. (1978): Die miozänen Frucht- und Samenfloren der Oberpfälzer Braunkohlentertiär.- Paleontographica, B167; S. 9-103, Stuttgart.
- Gregor, H.J. (1977): Biostratonomie und Biostatigraphie der Schwandorfer Braunkohlen.- Cour. Forsch. Inst. Senckenberg, 24: S. 60-67.
- Gregor, H.J. & Jung, W. (1977): Die paläobotanische Erforschung der Oberpfälzer Braunkohle.- Bayer. Braunkohlen Bergbau, 102; S. 12.
- Hagemann, H.W. & Hollerbach, A. (1979): Relationship between the macropetrographic and organic geochemical composition of Lignites.- In Adv. Org. Geochem. 1979. (Hrsg. Douglas, A.G. & Maxwell, J.R.): S. 631-638; Pergamon Press.
- Hollerbach, A. (1980): Vorkommen und Bedeutung von terpenoiden Chemofossilien in Erdöl und Sedimenten.- Hab. Schrift; RWTH Aachen.
- Internationales Lexikon für Kohlenpetrographie. 2. Ausgabe (1963): Ergänzung zur 2. Ausgabe - 1971, 1975.- Hrsg. Internat. Komm. f. Kohlenpetrol.; Paris (Centre Nat. de la Recherche Sci.).
- Johns, R.B., Chaffee, A.L. & Verheyen, T.V. (1984): Chemical variation as a function of lithotype and depth in Victorian brown coal.- Amer. Chem. Soc. Symp. Series, S. 107-131.
- Jung, W. (1972): Neue paläobotanische Untersuchungen in der Braunkohle der Oberpfalz.- Ber. Bayer. Bot. Ges. München, 43: S. 97-108.
- Jung, W. & Knobloch, E. (1971): Die Braunkohle von Wackersdorf.- Bayer. Braunkohlen Bergbau, 80: S. 1-11, Schwandorf.
- Jung, W., Knobloch, E. & Kvacek, Z. (1971): Makrofloristische Untersuchungen im Braunkohlentertiär der Oberpfalz.- Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. Hist. Geol., 11: S. 223-249.
- Klein-Reesink, J. (1984): Stoffbestand und Genese der Braunkohlen der Niederrheinischen Senke mit vergleichenden Untersuchungen an Braunkohlen aus der Oberpfalz und Ost-Westfalen.- Dissertation Universität Göttingen; 113 S.
- Klein-Reesink, J. u. Riegel, W. (1983): Kohlenpetrographische Aspekte der Obermiozänen Braunkohle von Viehhausen (Oberpfalz).- Weltenburger Akademie Erwin Rutte Festschrift, S. 125-131.

- Noble, R.A., Alexander, R., Kagi, R.I. & Knox, J. (1985): Tetracyclic diterpenoid hydrocarbons in some Australian coals, sediments and crude oils.- *Geochim. Cosmochim. Acta*, 49: S. 2141-2147; London.
- Ourisson, G. Albrecht, P. & Rohmer, M. (1979): The hopanoids: palaeochemistry and biochemistry of a group of natural products.- *Pure & Appl. Chem.*, 51: S. 709-729; London.
- Peters, I. (1963): Die Flora der Oberpfälzer Braunkohle und ihre ökologische und stratigraphische Bedeutung.- *Paleontographica* Abt. B; 112: S. 1-50.
- Rullkötter, J. (1984): Molekulare Fossilien.- *Nachr. Chem. Techn. Lab.*, 32(5): S. 418-423.
- Thiele-Pfeiffer, H. (1980): Die miozäne Mikroflora aus dem Braunkohlentagebau Oder bei Wackersdorf/Oberpfalz.- *Palaeontographica*, B. 174, 4-6: S. 95-224; Stuttgart.
- Thomas, B.R. (1970): Modern and fossil plant resins.- In *Phytochemical Phylogeny* (Hrsg. Harbourne, J.B.), Ch.4: S. 59-79; Academic Press.
- Tillmann, H. (1956): Zur Geologie des Oberpfälzer Tertiärs und seiner Lagerstätten.- *Festschrift "50 Jahre" Bayerische Braunkohlen Industrie AG, Schwandorf*, 15 S.
- Tissot, B.P. & Welte, D.H. (1984): *Petroleum Formation and Occurrence*.- 2. Aufl. Springer-Verlag; 669 S.
- Van Dorselaer, A., Albrecht, P. & Connan, J. (1975): Changes in composition of polycyclic alkanes by thermal maturation (Yallourn Lignite, Australia).- In *Adv. Org. Geochem. 1975* (Hrsg. Campos, R. & Goni, J.): S. 53-59. *Enadisma*.
- Winkler, E. (1985): *Faziesanalytische Untersuchungen zur Genese der Flözbänderung in den eozänen Helmstedter Weichbraunkohlen (Braunschweiger Revier)*.- Dissertation RWTH Aachen, 209 S.
- Wolf, M. (1981): Kohlenpetrographische Untersuchungen S. 6-5; In: *Neues aus dem Oberpfälzer Braunkohlen-Tertiär*.- *Dokumenta naturae* Nr. 2 (Hrsg. Gregor, H.J.), München.