

---

# BERLINER GEOWISSENSCHAFTLICHE ABHANDLUNGEN

---

Reihe A/Band 22

Pedro Fernando Ramirez Castro

Qualitative und quantitative petrographische  
Untersuchungen der Kohlen aus den flözführenden Schichten  
der Antioquia-Formation/Kolumbien



Berlin 1980

---

Verlag von Dietrich Reimer in Berlin

# **BERLINER GEOWISSENSCHAFTLICHE ABHANDLUNGEN**

Reihe A: Geologie und Paläontologie · Reihe B: Geophysik · Reihe C: Kartographie

**D 83**

**Herausgegeben von geowissenschaftlichen Instituten  
der Freien und der Technischen Universität Berlin  
und der Technischen Fachhochschule Berlin**

**Schriftleitung:  
Dr. G. Pöhlmann (TFH), Dr. J. Pöhlmann (FU)  
Dr. H. Seyfried (TU)**

**Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren allein verantwortlich**

---

**ISBN 3-49600 207-7**

**© 1980 by DIETRICH REIMER VERLAG IN BERLIN**

Berliner geowiss. Abh.	(A)	22	110 S.	23 Abb., 28 Tab., 21 Taf., 11 Beilagen	Berlin 1980
------------------------	-----	----	--------	---	-------------

Pedro Fernando Ramirez Castro

Qualitative und quantitative petrographische  
Untersuchungen der Kohlen aus den flözführenden Schichten  
der Antioquia-Formation/Kolumbien



1980

---

Verlag von Dietrich Reimer in Berlin



# QUALITATIVE UND QUANTITATIVE PETROGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN

## DER KOHLEN AUS DEN FLÖZFOHRENDEN SCHICHTEN

### DER ANTIOQUIA-FORMATION/KOLUMBIEN \*

von

Pedro Fernando Ramirez Castro \*\*

#### KURZFASSUNG

Es wurde eine geologische Übersicht der Amaga-Mulde aufgestellt, wobei die kohlenführende Antioquia-Formation besonders behandelt wurde. Die Ergebnisse wurden in einer geologischen und einer tektonischen Karte sowie in Profilen im Maßstab 1 : 50 000 dargestellt. Aus der Amaga-Mulde wurden acht Flözprofilsäulen kohlenpetrographisch analysiert. Die makropetrographischen Analysen nach Lithotypen ergaben, daß die Flöze arm an Verwachsungen von Kohle mit Nebengesteinen sind, daß der Lithotyp Fusain fehlt und daß die Kohlen vorwiegend feinstreifig aufgebaut sind. Die qualitativen mikroskopischen Untersuchungen zeigten, daß die Macerale und die Mineralführung wie auch die Vergesellschaftung der Macerale untereinander ähnlich sind. Durch die Kombinationsanalysen wurde die Zusammensetzung der Lithotypen nach Maceralen, Maceralgruppen, Mikrolithotypen und die Zusammensetzung der Mikrolithotypen nach Maceralen ermittelt. Die Maceralgruppenuntersuchungen ergaben, daß die Flöze überwiegend aus Vitriniten aufgebaut und ungewöhnlich arm an Inertiniten sind. Durch die Untersuchungen der einzelnen Lithotypen konnte nachgewiesen werden, daß zwischen den makroskopisch unterschiedenen Lithotypen Durain und Clarain kein eindeutiger Unterschied besteht. Beide Lithotypen sind mehr oder weniger nur aus Vergesellschaftungen von Vitriniten und Exiniten aufgebaut. Insgesamt sind die Schwankungen in der petrographischen Zusammensetzung der Lithotypen aller Flöze so klein, daß, ausgehend von dem makroskopischen Flözschnitt, Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der Kohle möglich sind. Es wurden Schlitzproben der Amaga-Mulde untersucht und die Ergebnisse mit den Untersuchungsbefunden der Schlitzproben der Titiribi-Bolombolo-Senke verglichen. Bis auf wenige Ausnahmen sind die Flöze der Titiribi-Bolombolo-Senke höher inkohlt als die der Amaga-Mulde; bei einigen Flözen wird der Inkohlungsgrad von Magerkonlen und Anthraziten erreicht. Diese Kohlen liegen in unmittelbarer Nachbarschaft von vulkanischen Extrusionen. Der hohe Inkohlungsgrad ist auf eine Kontaktmetamorphose zurückzuführen.

---

\* Vom Fachbereich 16 Bergbau- und Geowissenschaften der Technischen Universität Berlin zur Erlangung des akademischen Grades "Doktor der Naturwissenschaften" genehmigte Dissertation

Berichter: Prof. Dr. rer.nat. W. Zeil  
Frau Prof. Dr. rer.nat. M.-Th. Mackowsky

Tag der mündlichen Prüfung: 16. November 1979

\*\* Anschrift des Verfassers: Dipl.-Geol. Pedro Fernando Ramirez Castro, Facultad de Minas - Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Kolumbien

## ABSTRACT

This work presents a summary of the geology of the Amaga Syncline, with special attention to the coal-bearing Antioquia Formation. The results are shown on a geological and a tectonical map as well as in the sections at a scale of 1 : 50 000. Eight coal seams of the Amaga Syncline were petrographically analysed. The macropetrographical analyses of the lithotypes show that the coal in the seams is more or less pure, that the lithotype fusain is totally lacking and that the coal is mainly built up in fine stripes. The qualitative microscopical analyses revealed that the macerals and their minerals are more or less similar to the associated minerals of the macerals. For each lithotype, the volume percent of the macerals, maceral groups and microlithotypes, and for each microlithotype the volume percent of macerals was determined by combination analyses. The investigation of maceral groups showed that the seams contain mainly vitrinites, the content of inertinites being exceptionally poor. No distinct dissimilarity has been observed between durain and clarain. Both lithotypes are more or less exclusively built up by associations of vitrinites and exinites. The overall petrographical variations in the seams being insignificant, it is possible to draw conclusions, from the macroscopical section of the seam, as to the composition of the coal. The results of the channel samples of the Amaga Syncline have been compared to those of the Titiribi-Bolombolo depression. Apart from few exceptions, the degree of coalification of the Titiribi-Bolombolo depression seams is higher than that of the Amaga Syncline seams; in some seams it reaches the rank of semi-anthracite and anthracite. This coal is found in the immediate vicinity of volcanic extrusions. The high degree of coalification is due to contact metamorphism.

## RESUMEN

Se presenta la geología del Sinclinal de Amagá con un trabajo especial sobre la Formación de Antioquia rica en carbones. Los resultados se exponen en un mapa geológico, uno tectónico y perfiles a escala 1 : 50 000. Del Sinclinal de Amagá se investigaron ocho columnas de mantos de carbón. Los análisis macropetrográficos dieron por resultado, que los mantos son pobres en intentaciones de carbones con pena, falta el litotipo fusain y que ellos están formados principalmente por carbones de bandas finas. De los análisis micropetrográficos cualitativos resultó que los macerales y minerales de los carbones son parecidos como también sus asociaciones. Con los análisis combinados se calculó en los litotipos la composición macerática, grupos de macerales y microlitotipos, como también la composición macerática de los microlitotipos. De los análisis de grupos de macerales resultó que los mantos están formados principalmente por vitrinitas y que ellos son muy pobres en inertinitas. Con los análisis de cada litotipo se comprobó que en los de durain y clarain no existe una diferencia perfectamente clara. Estos dos están formados más o menos por asociaciones de vitrinitas y exinitas. En general, son las variaciones en la composición petrográfica de los litotipos en todos los mantos tan pequeñas, que se puede deducir a partir de los análisis macropetrográficos la composición de los carbones. Se investigaron muestras representativas de los mantos del Sinclinal de Amagá y los resultados se compararon con los de los mantos de la Cuenca de Titiribi y Bolombolo. Fuera de unas pocas excepciones, los mantos de la Cuenca de Titiribi y Bolombolo poseen un rango mayor que los mantos del Sinclinal de Amagá. En algunos mantos el rango alcanzó el estadio de hullas secas y antracitas. Estos mantos se encuentran en las cercanías de extrusiones volcánicas y el alto rango se debe a una metamorfosis de contacto.

## VORWORT

Die ALEXANDER VON HUMBOLDT-STIFTUNG der Bundesrepublik Deutschland gewährte mir einen zweijährigen Studienaufenthalt für petrographische Untersuchungen an kolumbianischen Kohlen in Deutschland. Hierfür möchte ich mich sehr herzlich bedanken.

Die BERGBAU-FORSCHUNG GmbH in Essen ermöglichte mir, diese Untersuchungen in der Abteilung Petrographie/Mineralogie durchzuführen. Der Geschäftsführung der BERGBAU-FORSCHUNG, insbesondere Herrn Prof. Dr. W. PETERS, bin ich hierfür zu großem Dank verpflichtet.

Ganz besonders aber danke ich Frau Prof. Dr. M.-Th. MACKOWSKY, der Leiterin der Abteilung Petrographie/Mineralogie, die die Arbeit angeregt und betreut hat, für die großzügige Unterstützung, die sie dieser Arbeit stets gewährte.

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Werner ZEIL, Direktor des Institutes für Geologie und Paläontologie der Technischen Universität Berlin danke ich sehr herzlich für sein förderndes Interesse und für anregende und fruchtbare Diskussionen bei gemeinsamen Geländebegehungen in Kolumbien.

Viel Unterstützung fand ich vor allem bei den Damen und Herren der Abteilung Petrographie/Mineralogie der Bergbau-Forschung. Bei allen möchte ich mich ganz besonders bedanken für die mir entgegengebrachte Gastfreundschaft, für ihre Ratschläge und ihre freundliche Hilfe im Laboratorium.

Den Herren Direktoren der Gruben Fredonia, La Nechi, San Fernando, La Guali, El Silencio und St. Angelopolis danke ich für ihre Unterstützung bei der Probenahme.

Der Facultad de Minas der Universidad Nacional de Columbia danke ich für eine großzügige Beurlaubung für die Zeit der Untersuchungen in Deutschland.

## INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG.....	7
2.	GEOLOGISCHE ÜBERSICHT DER AMAGA-MULDE.....	7
2.1	Ayura-Montebello-Gruppe.....	9
2.2	Amaga-Stock.....	9
2.3	Cauca-Ophiolit-Komplex.....	9
2.4	Antioquia-Formation.....	10
2.4.1	Untere Stufe.....	10
2.4.2	Mittlere Stufe.....	12
2.4.3	Obere Stufe.....	12
2.5	Combia-Formation.....	13
2.6	Terrassen, Schuttmassen und Schutthalde n.....	13
2.7	Tektonische Übersicht der Amaga-Mulde.....	13
3.	PROBENMATERIAL UND PROBENENTNAHMESTELLEN.....	14
3.1	Aufbereitung der Kohlenproben und Schliffherstellung.....	16
3.1.1	Flözprofilsäulen.....	16
3.1.2	Flözschlitzproben.....	17
4.	MAKROPETROGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN DER FLÖZPROFILSÄULEN.....	17
4.1	Lithotypen.....	17
4.2	Beschreibung der Flözprofilsäulen.....	18
4.2.1	Flözprofilsäule Capotera.....	18
4.2.2	Flözprofilsäule 1.....	18
4.2.3	Flözprofilsäule 2.....	19
4.2.4	Flözprofilsäule 3.....	19
4.2.5	Flözprofilsäule 4.....	19
4.2.6	Flözprofilsäule 5.....	19
4.2.7	Flözprofilsäule 1N.....	19
4.2.8	Flözprofilsäule 2N.....	20
4.2.9	Vergleich der Flözprofilsäulen.....	
5.	PETROGRAPHISCHER AUFBAU DER KOHLE.....	21
5.1	Macerale.....	21
5.1.1	Maceral-Typen.....	21
5.1.2	Maceralvarietäten.....	21
5.1.3	Kryptomacerale.....	21
5.2	Maceralgruppen.....	22
5.3	Besonderheiten der Maceralführung aus dem Grenzbereich Braunkohle/Steinkohle.....	22
5.4	Mikrolithotypen.....	22
5.5	Carbominerite.....	23
6.	QUALITATIVE MIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNGEN DER FLÖZPROFILSÄULEN.....	23
6.1	Macerale der Flöze der Amaga-Mulde.....	23
6.1.1	Macerale der Vitrinitgruppe.....	23
6.1.2	Macerale der Exinitgruppe.....	25
6.1.3	Macerale der Inertinitgruppe.....	27

7.	BESONDERHEITEN IN DER ZUSAMMENSETZUNG DER LITHOTYPEN NACH MIKROLITHOTYPEN .....	28
7.1	Flöz Capotera.....	28
7.2	Flöz 1 .....	28
7.3	Flöz 2 .....	29
7.4	Flöz 3 .....	29
7.5	Flöz 4 .....	29
7.6	Flöz 5 .....	29
7.7	Flöz 1N .....	30
7.8	Flöz 2N .....	30
8.	QUANTITATIVE MIKROSKOPISCHE ANALYSEN DER FLÖZPROFILSÄULEN .....	31
8.1	Allgemeines .....	31
8.2	Durchführung der Analysen .....	33
8.3	Verwendete Geräte .....	33
8.4	Auswertung und Ergebnisse der Kombinationsanalysen .....	33
8.5	Inkohlungsgradbestimmungen an den Flözprofilsäulen durch Reflexionsmessungen an Vitriniten (Telocolliniten) .....	35
8.5.1	Allgemeines .....	35
8.5.2	Prüfung der Meßeinrichtung .....	36
8.5.3	Durchführung der Messungen .....	37
8.5.4	Auswertung und Ergebnisse der Inkohlungsgradbestimmungen an den Flözprofilsäulen .....	38
9.	UNTERSUCHUNGEN AN FLÖZSCHLITZPROBEN DER ANTIOQUIA-FORMATION .....	38
9.1	Inkohlungsgradbestimmungen der Schlitzproben durch Reflexionsmessungen an Vitriniten .....	39
9.2	Maceral- und Maceralgruppenanalysen der Schlitzproben .....	39
9.3	Kurzanalyse der Schlitzproben .....	40
9.4	Elementaranalyse der Schlitzproben .....	41
9.5	Veränderung der Macerale bei steigendem Inkohlungsgrad .....	42
9.6	Untersuchungen der mineralischen Verunreinigungen .....	43
9.6.1	Allgemeines .....	43
9.6.2	Mineralführung der Flöze der Antioquia-Formation .....	44
9.6.3	Röntgenographische Untersuchungen mineralischer Ver- unreinigungen .....	44
9.6.4	Bestimmung des Asche-Schmelzverhaltens .....	46
10.	ZUSAMMENFASSUNG .....	47
11.	LITERATUR .....	50
12.	VERZEICHNIS DER ANLAGEN .....	52
13.	ABBILDUNGEN 5 - 23 .....	53
14.	TABELLEN 1 - 28 .....	71
15.	TAFELN 1 - 21 .....	111



## 1. EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Kolumbien gilt als das kohlenreichste Land Südamerikas. Die Schätzungen für die gesamten geologischen Reserven sind noch sehr ungenau. Sie liegen zwischen 40 und 80 Milliarden Tonnen. Über die abbauwürdigen Vorräte sind nur unzuverlässige Daten vorhanden. Nur von kleinen bereits im Abbau befindlichen Lagerstätten liegen gesicherte Angaben über Vorräte vor. Insgesamt sind über 30 größere Kohlenvorkommen bekannt, die überwiegend im Kordillerenbereich und deren Randebenen liegen (s. Abb. 1). Die wichtigsten und bekanntesten Lagerstätten liegen zwischen der Westflanke der Zentralkordillere und der Ostflanke der Westkordillere. Hier befinden sich die tertiären Kohlenvorkommen der Antioquia-Formation, die in dieser Arbeit untersucht werden.

Die Mächtigkeit sowie die Anzahl der Flöze in den Kohlenbecken ist sehr unterschiedlich. Während in der Ost- und Westkordillere die Mächtigkeiten bei ca. 2 m liegen, sind in den Kohlenbecken von El Cerrejon Mächtigkeiten bis zu 10 m bekannt. Ungestörte Lagerungsverhältnisse sind auf Grund der Tektonik in den Kordilleren sehr selten.

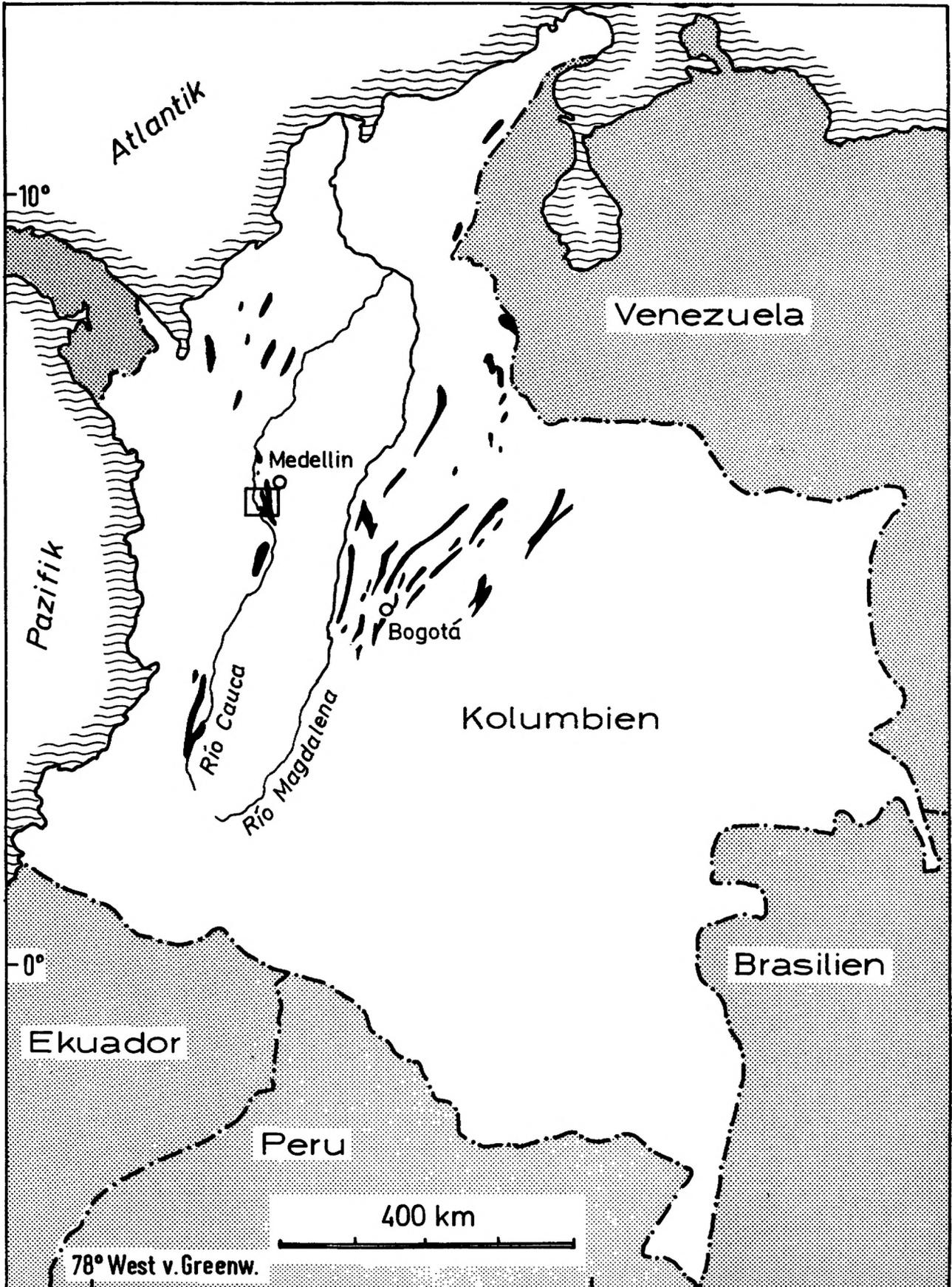
Aus den Lagerstätten der Antioquia-Formation werden 8 Flözprofilsäulen der Amaga-Mulde untersucht. Erstmals wird der Versuch unternommen, die petrographische Zusammensetzung der Kohlen qualitativ und quantitativ zu ermitteln, um Aussagen über Veränderungen im petrographischen Aufbau der Flöze in der horizontalen und in der vertikalen Erstreckung machen zu können.

Außerdem wird versucht, die Flöze der Amaga-Mulde mit Hilfe makro- und mikropetrographischer Untersuchungen zu korrelieren. Bei der quantitativen Erfassung des Anteils an Maceralgruppen in den einzelnen Lithotypen soll mit Hilfe von Dreiecks-Diagrammen versucht werden, eine bessere Interpretation der makropetrographischen Flözschnitte im Hinblick auf die rohstofftechnologischen Eigenschaften der Flöze zu bekommen.

Um einen Vergleich zwischen den Kohlen der Amaga-Mulde mit den etwa 10 km westlich gelegenen Flözen der Titiribi-Bolombolo-Senke durchführen zu können, wurden Schlitzproben untersucht und die durchschnittliche petrographische Zusammensetzung der Flöze berechnet. Dabei wurden aus der Amaga-Mulde 16 und aus der Titiribi-Bolombolo-Senke 25 Schlitzproben verarbeitet. Da die Flöze der Titiribi-Bolombolo-Senke z.T. durch vulkanische Extrusionen beeinflusst worden sind, sollen die Veränderungen der Macerale bei steigendem Inkohlungsgrad geprüft werden. Aus den Inkohlungsgradbestimmungen, den Maceral- und Maceralgruppenanalysen, den Kurz- und Elementaranalysen soll versucht werden, einen Einblick über Stärke und Ausdehnung der thermisch bedingten Veränderung der Flöze zu bekommen.

## 2. GEOLOGISCHE ÜBERSICHT DER AMAGA-MULDE

Die lithologischen Einheiten des Gebietes der Amaga-Mulde sind Sedimentgesteine der Antioquia-Formation, die die Mulde aufbauen und kristalline Gesteine, die die Mulde umranden. Die kristallinen Gesteine sind hauptsächlich Tonschiefer, Grünschiefer der Ayura-Montebello-Gruppe, Granite des Amaga-Stocks, Diorite, Harzburgite und Serpentine der Cauca-Ophiolit-Formation. Hinzu kommen südlich der Mulde an der Westseite Andesite und Basalte der Combia-Formation. Rezente lockere Sedimente von geringer Flächenausdehnung sind über die Amaga-Mulde und den Amaga-Stock verteilt (Anl. 1) (CEDIEL et al. 1976).



□ Lage des Arbeitsgebietes

Abb. 1: Überblick über die bekannten Kohlenvorkommen in Kolumbien

### 2.1 Ayura-Montebello-Gruppe

Zu dieser Gruppe gehören hauptsächlich Tonschiefer, teils phyllitisch, teils quarzitisches, manchmal mit kalkigen Linsen. Diese Gesteine bauen die westliche Flanke der Zentral-Kordillere Kolumbiens auf. Sie wurden von BOTERO (1963) als Ayura-Montebello-Gruppe bezeichnet. Nach ECHEVERRIA et al. (1973) gehören sie zu einer Grünschiefer-Fazies mit niedrigem Metamorphosegrad. NELSON (1959) nennt diese Gesteine Cajamarca-Gruppe, HALL et al. (1972) Valdivia-Gruppe.

Das Alter dieser Gesteine ist noch ungeklärt. Da in dieser Gruppe der Amaga-Stock intrudiert ist, hat sie IRVING (1971) ins obere Paläozoikum datiert. Andere Untersuchungen sprechen für Kambrium bis Ordovizium. Auf den metamorphen Gesteinen der Ayura-Montebello-Gruppe sind die Sedimente der Antioquia-Formation abgelagert.

### 2.2 Amaga-Stock

Der Amaga-Stock ist ein Intrusiv-Körper. Er hat eine Länge von ca. 12 km und streicht  $160^{\circ}$  NNW-SSE. Seine nördliche Grenze wird durch den Fluß La Clara angedeutet, wo er in Kontakt mit den Gesteinen der Ayura-Montebello-Gruppe steht. Seine südliche Grenze ist der Fluß Sinifana, wo er nochmal in Kontakt mit den metamorphen Gesteinen steht.

Die kristallinen Gesteine besitzen ein stärkeres Relief als die Sedimente der Antioquia-Formation. In höheren Lagen wird der Amaga-Stock manchmal von Sedimenten bedeckt, die eindeutig Relikte der Antioquia-Formation sind. Diese kleinen Sedimentkörper beeinflussen die Topographie des Stockes kaum. Sie werden zur Klärung der tektonischen Bewegungen benutzt (BARRERO et al. 1969).

Der Amaga-Stock ist ein Granit mit grober Körnung. Mikroskopische Untersuchungen ergeben folgende Zusammensetzung: Quarz ca. 50 %, Feldspat ca. 35 %, Glimmer, vor allem Biotit, ca. 14 % und 1 % Erze, Hornblende und Schwerminerale. FEININGER et al. (1972) nennt das Gestein einen Quarz-Monzonit, BOTERO (1966) einen Quarz-Diorit bis Granodiorit. Der Amaga-Stock steht in Kontakt mit der Antioquia-Formation. Diese Kontaktzone ist gestört mit  $130/4$  NE. Die Störung wurde von GROSSE (1926) Piedecuesta-Überschiebung genannt. Am Kontakt werden die Schichten der Amaga-Formation zum Teil überkippt. Nördlich des Flusses Amaga ist ein schmaler länglicher Streifen von Hornfels zu finden, der wahrscheinlich einen Rest der intrudierten Gesteine darstellt. Für die Gesteine des Amaga-Stockes wurde von PEREZ (1967) nach der K/Ar-Methode ein permo-triassisches Alter ermittelt.

### 2.3 Cauca-Ophiolit-Komplex

Der Cauca-Ophiolit-Komplex enthält eine Reihe basischer bis ultrabasischer Gesteine, die entlang der östlichen Flanken der Zentral-Kordillere Kolumbiens anzutreffen sind. Manche sind hochmetamorph. Die wichtigsten Gesteine des Komplexes sind Diorite, Peridotite, Harzburgite und Serpentine. In dem Arbeitsgebiet sind hauptsächlich Diorite zu finden. Die Diorite bilden die große Masse der Region mit starkem Relief. Der Cauca-Ophiolit-Komplex beginnt ca. 1 km südlich des Flusses Sinifana und erstreckt sich bis ca. 40 km nördlich der Stadt Angelópolis. Seine maximale Breite beträgt im Arbeitsgebiet 4 km. Die mikroskopischen Untersuchungen der feinkörnigen Diorite ergeben ca. 70 % Plagioklas und etwa 30 % mafische Minerale (vorwiegend Hornblende). Der Kontakt der Antioquia-Formation mit dem Dioritkörper ist gestört. Gelegentlich findet man überkippte Lagerung. Die Störung wird Amaga-Überschiebung genannt. RESTREPO & TOUSSAINT (1976) datieren die Diorite nach der K/Ar-Methode in die Unter-Kreide.

## 2.4 Antioquia-Formation

Die Antioquia-Formation in der Amaga-Mulde gehört zu einem sedimentären Streifen, der sich von Süden kommend nördlich von Fredonia in zwei Hauptausläufer teilt. Der östliche Streifen bildet die Amaga-Mulde. Diese streicht in NNW-Richtung, sie hat eine Länge von ca. 17 km und eine maximale Breite von 3 km.

GROSSE (1926) teilt das kohlenführende Tertiär von Antioquia auf Grund seiner petrographischen Zusammensetzung in drei Stufen ein. Die Flöze sind auf die mittlere Stufe beschränkt. In der oberen und unteren Stufe finden sich nur Kohlenbänke von lokaler Bedeutung. Neben der Kohle sind Konglomerate, Sandsteine und Schiefertone am Aufbau dieser Serie beteiligt. Die Schichten sind konkordant abgelagert. Die petrographische Zusammensetzung der Sedimente kann sowohl in der Horizontalen als auch in der Vertikalen auf kurzen Strecken variieren. Konglomerate und sandige Konglomerate überwiegen in der unteren Stufe, die obere Stufe setzt sich im wesentlichen aus Schiefertönen zusammen.

Obwohl diese petrographischen Unterschiede ausreichen, die drei Stufen zu identifizieren und zu lokalisieren, ist es jedoch schwer, ihre Grenzen im Feld exakt festzulegen. Um eine Korrelation zwischen den verschiedenen Flözen der mittleren Stufen in der Amaga-Mulde sowie deren Mächtigkeitsunterschieden darzustellen, wurden fünf stratigraphische Profile ausgewertet, und zwar diejenigen, die von den Gruben Fredonia, Nechi, San Fernando, El Silencio und St. Angelopolis zur Verfügung gestellt wurden (Anl. 2). Dabei wurde das bekannte Flöz Capotera aus jeder Grube unabhängig von seiner Höhenlage und Oberdeckung auf eine Basislinie (L-L') gebracht. Danach wurden die Flöze jeder Grube jeweils nach dem vertikalen Abstand zum Flöz Capotera gezeichnet (Abb. 2). In der geologischen Übersicht (Abb. 3) sind die Gruben Fredonia im Süden, Nechi, San Fernando, El Silencio und St. Angelopolis im Norden mit den Buchstaben A, B, C, D und E in dieser Reihenfolge bezeichnet.

Betrachtet man das Flöz Capotera als stratigraphische Grenze zwischen der oberen und der mittleren Stufe und die dritte Kohlenbank unter dem Flöz 5 als Grenze zwischen der mittleren und der unteren Stufe, so ergeben sich in der Grube San Fernando folgende Mächtigkeiten für die einzelnen Stufen: obere Stufe 150 - 180 m, mittlere Stufe 180 - 200 m, untere Stufe 200 m (s. Anl. 2 und Abb. 2). GROSSE (1926) gibt in der Gegend der Stadt Fredonia eine Mächtigkeit für die obere Stufe von 1500 m, für die mittlere Stufe 200 - 250 m und für die untere Stufe 200 m an.

Die Gesamtmächtigkeit der mittleren Stufe variiert zwischen dem Flöz Capotera und dem Flöz 3 von der Grube Fredonia bis zu den Gruben von St. Angelopolis um ca. 80 m (s. Abb. 2). In der Gegend der Stadt Angelopolis sind keine Schichten der oberen Stufe mehr anzutreffen. Sie wurden erodiert. Man findet dort nur noch kleine Reste der oberen Stufe und das Flöz Capotera.

Die Sedimente der Antioquia-Formation wurden auf Grund palinologischer Untersuchungen in das obere Oligozän datiert (DE PORTA 1974).

### 2.4.1 Untere Stufe

Charakteristisch für die untere Stufe sind helle bis weiße Konglomerate. Die Korngröße variiert zwischen fein über gröber bis grob. Daneben gibt es Übergänge von Konglomerat in Sandstein. Die untere Stufe beginnt mit einem Basiskonglomerat, das diskordant auf den metamorphen Gesteinen der Ayura-Montebello-Gruppe liegt. Die Gerölle bestehen hauptsächlich aus Quarz, untergeordnet kommen auch Gerölle aus Quarzit und Kieselschiefer vor. Die Matrix der Konglomerate ist vorwiegend sandig, zum Teil karbonatisch. Die Mächtigkeit der einzelnen Konglomeratbänke liegt im Dezimeter- bis Meterbereich. Die Konglomerate können auf kurze Entfernung auskeilen.

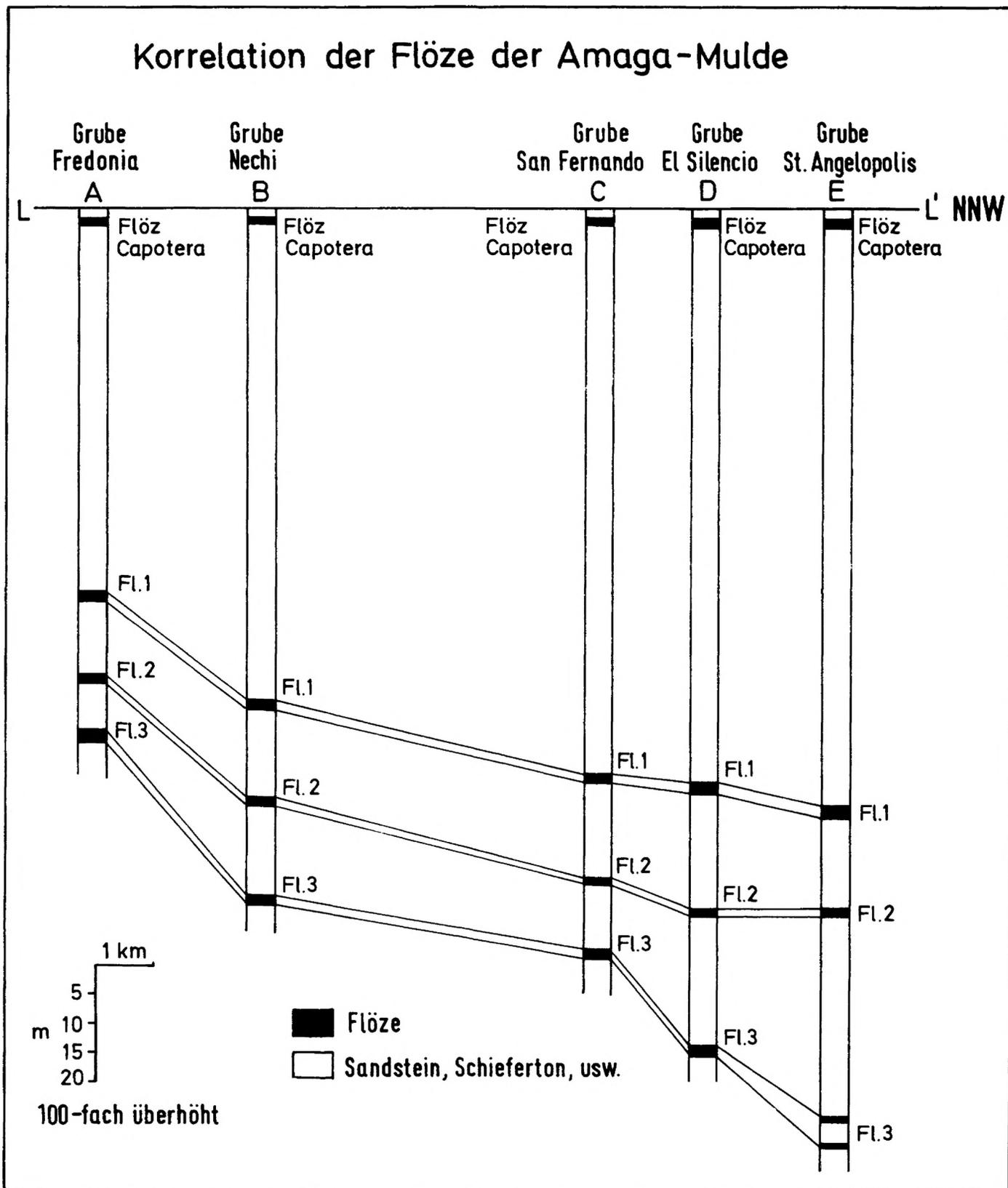


Abb. 2: Korrelation der Flöze der Amaga-Mulde

Die Sandsteine sind meist grobkörnig; Übergänge zu Schiefertonen sind nicht selten. Die Grenze zu den Konglomeraten sowie zu den Schiefertonen kann scharf sein. Die Farbe der Sandsteine ist grau-weiß bis weiß, wenn sie frisch sind oder rot, wenn verwittert. Die zum Teil gut gerundeten Körner sind meist Quarze. Dunklere Gemengteile sind selten. Die Matrix ist vorwiegend tonig, zum Teil karbonatisch. Die Mächtigkeit der Sandsteine kann wenige Zentimeter bis mehrere Meter betragen.

Die Schiefertone sind in dieser Stufe sehr häufig. Sie sind gut geschichtet. Ihre Farbe ist grau, grünlich bis bläulich wenn sie frisch sind und gelb bis braun in verwittertem Zustand. Kohlenbänke von 10 bis 50 cm, selten 70 cm, findet man in den oberen Partien. Diese Kohlenbänke haben nur eine lokale Bedeutung, ihre Mächtigkeit schwankt auf kurzen Entfernungen.

#### 2.4.2 Mittlere Stufe

Die mittlere Stufe ist die flözführende Partie der Antioquia-Formation. Die makroskopische und mikroskopische Untersuchung dieser Flöze ist die Hauptaufgabe der vorliegenden Arbeit. Kennzeichnend für diese Stufe ist neben der Flözführung das Fehlen der Konglomerate.

Die Sandsteine sind ähnlich wie die der unteren Stufe. Die Korngröße variiert zwischen grob und fein, wobei die grobkörnigen Sandsteine überwiegen. Die feinkörnigen Sandsteine sind grau und haben eine tonige Matrix; die grobkörnigen Sandsteine sind hell mit karbonatischer Matrix. Vereinzelt werden Quarzgerölle angetroffen. Übergänge zu Schiefertonen sind häufig.

Die Schiefertone bilden die Hauptmasse der mittleren Stufe. Sie sind grau bis grünlich-grau gefärbt und meist gut geschichtet. Häufig findet man Konkretionen (Schwefelkies- und Siderit-Konkretionen). Neben den bauwürdigen Flözen befinden sich in dieser Stufe z.T. kleine, unbauwürdige Kohlenbänke bis zu 70 cm Mächtigkeit.

Die Mächtigkeit der Flöze nimmt z.T. von Süden nach Norden zu. Dies ist besonders am Flöz 1 zu beobachten. Während in der Grube Fredonia seine Mächtigkeit nur 1,40 m beträgt, ist sie in der Grube Angelopolis 17 km weiter nördlich 2,40 m. Von Süden nach Norden verringert sich die Mächtigkeit der Zwischenmittel in den Flözen. Ein Beispiel dafür ist das Flöz 1. In den Gruben Fredonia und Nechi im Süden enthält dieses Flöz ein Zwischenmittel, das eine Mächtigkeit bis zu 30 cm erreichen kann. In den Gruben San Fernando und El Silencio ist diese Bergelage nur 1 cm breit und in der Grube von Angelopolis überhaupt nicht mehr vorhanden. In den einzelnen Gruben kann die Mächtigkeit der Flöze um mehrere Zentimeter schwanken. Die geringsten Mächtigkeiten wurden dann beobachtet, wenn Sandsteine das unmittelbare Hangende bilden.

#### 2.4.3 Obere Stufe

In dieser Stufe gibt es weder Flöze noch Konglomerate. Es gibt lediglich unbauwürdige Kohlenbänke von geringer Mächtigkeit. Die Sandsteine besitzen besondere Merkmale. Sie sind graugelb bis grünblau in frischem Zustand und rot bis gelbgrau im verwitterten Zustand, während die Sandsteine der anderen Stufen meist hell bis weiß gefärbt sind. Sie bestehen aus feinem bis mittelkörnigem Quarz, die Matrix ist vorwiegend tonig, manchmal mergelig.

Die grünlichblau bis violetten Schiefertone sind schlecht geschichtet, mengenmäßig machen sie mehr als die Hälfte der Gesteine dieser Stufe aus. Es finden sich Übergänge sowohl zu Sandstein als auch zu Tonstein.

## 2.5 Combia-Formation

Diese Formation besteht genetisch aus zwei großen Gesteinsgruppen:

- a) vulkanische Gesteine wie Basalte, Andesite und Tuffe; und
- b) sedimentäre Gesteine, in der Hauptsache Konglomerate.

In dem Arbeitsgebiet sind nur Andesite und Basalte anzutreffen. Die Basalte bilden schmale, lange Zonen im Gelände. Ihre Hauptbestandteile sind große Plagioklas-Einsprenglinge und vereinzelt Augite und Olivine. Die Farbe der Basalte ist schwarzgrau. Andesite sind am Morro Plancho zu finden. Sie bestehen aus Plagioklas-Einsprenglingen, Biotit und Hornblende.

Das Alter der Combia-Formation wird mit Miozän angegeben.

## 2.6 Terrassen, Schuttmassen und Schutthalden

Terrassen sind auf Fluß- und Bachläufe beschränkt. Meist handelt es sich um Flächen von wenigen Quadratmetern. Sie bestehen hauptsächlich aus Schottern. Östlich der Stadt Amaga findet man eine Terrasse, die nur aus verwittertem kompakten Granitschotter aufgebaut ist, so daß ein anstehender Granit vorgetäuscht wird. Schuttmassen, -halden und -kegel sind am Fuß der Berghänge aufgeschüttet, sie bedecken die anstehenden Gesteine auf große Strecken.

## 2.7 Tektonische Übersicht der Amaga-Mulde

Die tektonischen Verhältnisse der Amaga-Mulde sind einfach. Zur Darstellung der untertägigen wie übertägigen Schichtmessungen wurde die flächentreue Azimutalprojektion (SCHMIDT'sches Netz) benutzt. Die Messungen wurden als Flächenpole in der unteren Hälfte der Lagenkugel eingetragen. Danach wurde durch Auszählen der Polpunkte mit Hilfe eines Zählkreises (1/10 des Diagrammdurchmessers = 1/100 des Flächeninhaltes) Zonen gleicher Besetzungsdichte durch Signaturen kenntlich gemacht. Aus den dazugehörigen Groß-Kreisen wurde die Faltenachse ermittelt. Diese Arbeit wurde in vier Bereichen durchgeführt und ergab einen Wert für die Faltenachse von ca. 170/10 SE, wobei die Achse in den südlichen Bereichen der Mulde etwas stärker einfällt als in den nördlichen Bereichen. Die Schichten der Antioquia-Formation in der Amaga-Mulde sind auf beiden Flanken am Kontakt zu den kristallinen Gesteinen mehr oder weniger überkippt. Die Oberkipfung ist in der östlichen Flanke stärker. Bei der Oberkipfung wurden die Schichten durch eine Überschiebung gestört. GROSSE (1926) nannte die östliche Überschiebung Piedecuesta- und die westliche Amaga-Oberschiebung.

Die Piedecuesta-Oberschiebung wurde mit 130/40 NE angegeben. Bemerkenswert ist die starke Veränderung des Einfallens der Schichten auf kurze Erstreckung zu den Kontakten hin. Das Einfallen der Schichten kann an der östlichen Flanke des Flusses Amaga auf nur 300 m von 60° E auf 90° steigen. In den nördlichen Bereichen der westlichen Flanke der Senke gibt es einen Spezial-Sattel, der von GROSSE (1926) Honda-Sattel genannt wurde. Dieser Sattel ist bis zur Stadt Angelopolis zu beobachten und seine Achse scheint die gleichen Werte zu besitzen wie die der Mulde. In der Grube San Fernando und näher liegenden Gruben wurde eine Aufschiebung von 65/60 SW gemessen, die die Schichten um 4 m versetzt. Solche kleinen Störungen sowie manche Fältelungen sind vereinzelt in der Amaga-Mulde zu beobachten.

Um eine Übersicht über die Schichten zu bekommen, wurden an der östlichen Flanke der Mulde an der Grube San Fernando für die Flöze 1, 2 und 3 je 100 Schichten gemessen und mit dem SCHMIDT'schen Netz ausgewertet. Es existieren zwei Schichtensysteme, die bankrechten Schichten (hk0-Flächen) und die bankschrägen Schichten (Ok1-Flächen), wobei die letztge-

nannten überwiegen. Für das erste und zweite Flöz besitzen die bankrechten Schlechten einen Wert von 5-10/70 - 80 NW, für das dritte Flöz 20/70 SW. Es ergaben sich für die bankschrägen Schlechten der drei Flöze Werte von 80-100/70 - 80 NW. Nach PILGER (1965) entstehen die bankrechten Schlechten vor oder unmittelbar nach der Faltung, die bankschrägen Schlechten während der Faltung.

### 3. PROBENMATERIAL UND PROBENENTNAHMESTELLEN

In der geologischen Übersichtskarte (Abb. 3) sind die Probenentnahmestellen mit einer Nummer verzeichnet. Aus der Karte ist zu entnehmen, daß die Proben 3 bis 18 aus der Amaga-Mulde stammen. In diesem Gebiet sind die Kohlen nicht durch vulkanische Extrusionen beeinflusst. Aus dieser Mulde, und zwar aus den Gruben El Silencio, La Guali und La Nechi, stammen ebenfalls acht Flözprofilsäulen, durch deren Untersuchung geklärt werden soll, ob und in welcher Weise sich der Aufbau und die Zusammensetzung der Flöze mit zunehmender Teufe verändert (Anlagen 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 und 11). Durch den Vergleich der Flöze 1 und 2 aus der Grube La Nechi und der Flöze 1 und 2 der Gruben La Guali und El Silencio sollen die Flözveränderungen in horizontaler Erstreckung erfaßt werden. Die Gruben La Nechi und El Silencio liegen ca. 10 km voneinander entfernt.

Die Proben 1 - 2 und 19 - 41 stammen, wie Abb. 3 zeigt, aus einem etwa 8 - 10 km westlich der Amaga-Mulde gelegenen Gebiet, das sich durch vulkanische Extrusionen deutlich von der Amaga-Mulde unterscheidet. Da sich durch die Extrusionen in erster Linie der Inkohlungsgrad der Kohle ändert und nicht der Flözaufbau, wurden hier nur Schlitzproben entnommen. In der Tab. 1 sind die Proben mit ihrer Bezeichnung zusammengestellt. Die Flöze 1 und 2 der Grube La Nechi werden in dieser Arbeit mit 1 N und 2 N bezeichnet.

Für die Entnahme der Flözprofilsäulen kamen die Gruben La Nechi, San Fernando, El Silencio und La Guali in Frage. In der Grube Fredonia (Abb. 2) ist der Betrieb seit Jahren eingestellt. Die Kohlen in dieser Grube zeigten Verwitterungserscheinungen, so daß sich die Probeentnahme verbot. In der Grube La Nechi konnten nur zwei Flöze, nämlich Flöz 1 N und 2 N entnommen werden. Das Flöz 3 war noch nicht aufgeschlossen. In der Grube San Fernando waren die Lagerungsverhältnisse gestört, die Kohlen zeigten außerdem Verwitterungserscheinungen. Das gleiche gilt für die Flöze von St. Angelopolis. Für die Entnahme der Flözprofilsäulen wurde, mit Ausnahme des Flözes 1, die Grube El Silencio ausgewählt, da dort die aufgeschlossenen Kohlen frisch und nicht verwittert waren. Außerdem waren hier die Flöze von Flöz Capotera bis Flöz 5 zugänglich. Das Flöz 1 wurde in der in der Nähe befindlichen Grube La Guali beprobt.

Das Flöz Capotera liegt an der Grenze zwischen der oberen und der mittleren Stufe der Antioquia-Formation. In den nördlichen Bereichen der Amaga-Mulde findet man das Flöz Capotera nur in wenigen Aufschlüssen. Es wird kaum abgebaut. Die Flözprofilsäule (Probe Nr. 4) wurde aus einem Stollen nahe der Oberfläche neben der Straße, die von der Stadt Amaga zur Grube El Silencio führt, entnommen. Das Flöz hat an dieser Stelle eine Orientierung von 170/10 SE. Das Hangende und das Liegende des Flözes bestehen aus Schiefertone. Die Flözmächtigkeit beträgt an der Entnahmestelle 140 cm.

Das Flöz 1 wird wegen seiner Mächtigkeit auch als Flöz La Grande bezeichnet. Es wird in der Amaga-Mulde an vielen Stellen abgebaut. Das Hangende und das Liegende des Flözes an der Entnahmestelle Grube La Guali (Probe Nr. 5) bilden Schiefertone. Die Mächtigkeit beträgt 215 cm und die Orientierung 170/15 SW. Das Flöz 2 in der Grube El Silencio hat eine Orientierung von 175/22 SE (Probe Nr. 6). Hier bilden ebenfalls Schiefertone das Hangende und Liegende. Die Mächtigkeit des Flözes beträgt 153 cm.

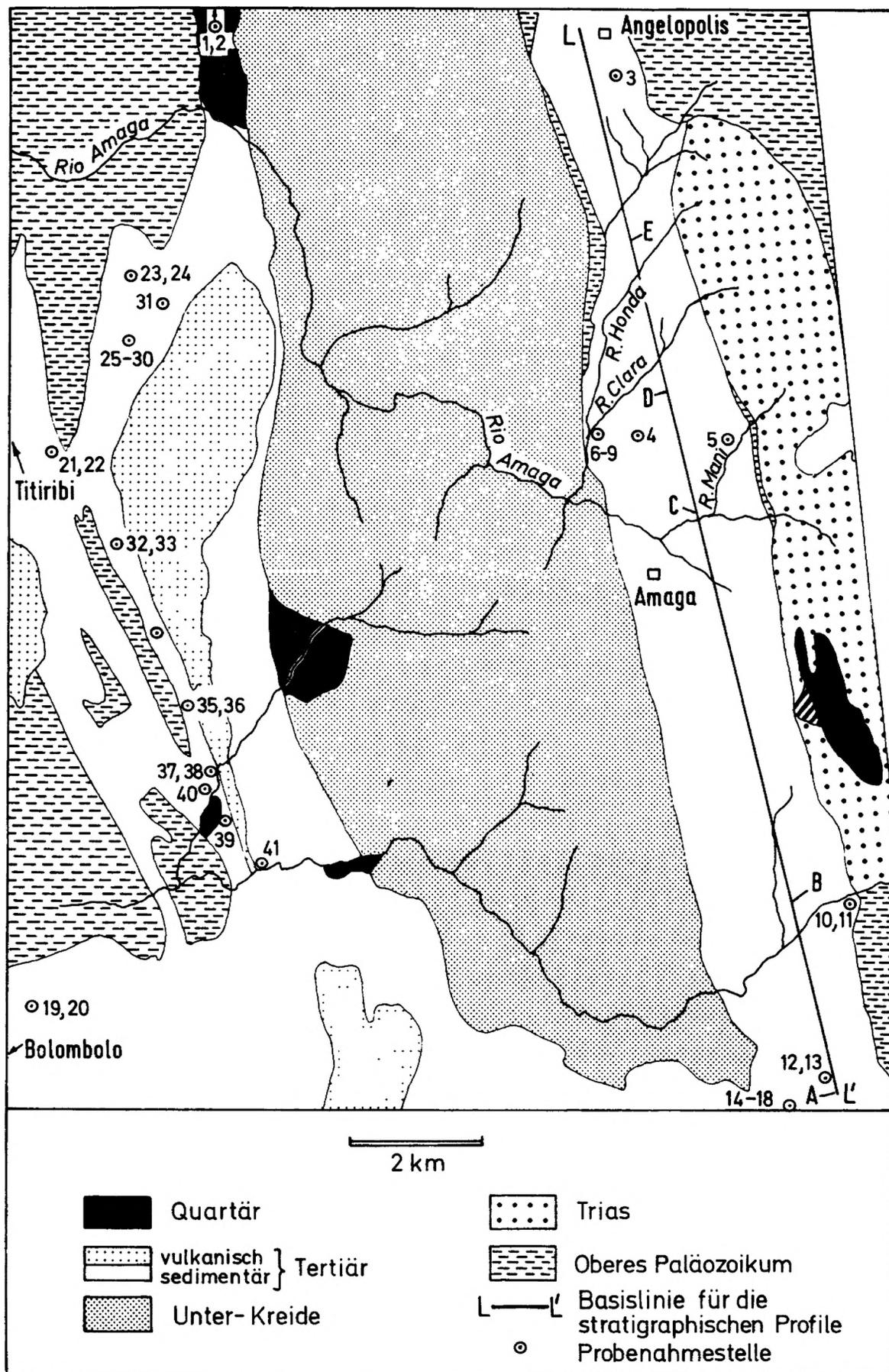


Abb. 3: Geologische Übersichtskarte der Region Amaga, Titiribi, Angelopolis

Das Flöz 3 wird nur an zwei Stellen abgebaut, und zwar in der Grube El Silencio (El Chorro) und in der Grube San Fernando. Die Flözprofilsäule (Probe Nr. 7) wurde aus der Grube El Silencio entnommen. Das Flöz zeigt eine Orientierung von 165/14 SE. An der Aufnahme-stelle beträgt die Mächtigkeit 165 cm. Hier liegt das Flöz zwischen Schiefertonen, die das Hangende und Liegende bilden.

Das Flöz 4 wird selten abgebaut. Die Flözprofilsäule (Probe Nr. 8) wurde aus einem Stollen in der Nähe des Flusses La Clara entnommen. Die Mächtigkeit an der Entnahmestelle in der Grube El Silencio beträgt 80 cm. Schiefertone bilden das Hangende und Liegende des Flözes, das eine Orientierung von 168/27 SE zeigt.

Die Flözprofilsäule (Probe Nr. 9) des Flözes 5 mit einer Orientierung von 166/29 SE und einer Mächtigkeit von 106 cm wurde aus einem Stollen unterhalb des Flözes 4 bei dem Fluß La Clara entnommen. Hier bilden - genau wie bei den Flözen 1 - 4 - Schiefertone das Hangende und Liegende.

Die Flözprofilsäule (Probe Nr. 10) des Flözes 1 N wurde aus der Grube La Nechi entnommen. Das Flöz besitzt hier eine Bergelage, die eine Mächtigkeit bis 30 cm erreichen kann. Die Orientierung des Flözes beträgt 175/25 SW. Das Hangende und Liegende bestehen aus Schiefertonen. Die Mächtigkeit des Flözes an der Entnahmestelle beträgt 129 cm.

Die Flözprofilsäule (Probe Nr. 11) des Flözes 2 N wurde ebenfalls in der Grube La Nechi entnommen. Das Flöz mit einer Orientierung von 168/30 SW hat eine Mächtigkeit von 135 cm. Das Hangende und Liegende des Flözes bestehen aus Schiefertonen.

Für die Probeentnahme wurden Stellen mit möglichst ungestörter Lagerung ausgewählt. Zur Entnahme der Flözprofilsäulen an freigelegten Kohlenstößen wurden mit der Picke ca. 30 cm tiefe Schlitz im Abstand von ca. 30 cm in das Flöz eingeschnitten, anschließend die Säule herausgelöst. Die Stücke wurden vom Hangenden zum Liegenden orientiert, nummeriert und in dafür hergestellte Holzkästen verpackt (STACH 1968). Danach wurde an der Probeentnahmestelle die Flözmächtigkeit gemessen. Der Plan, gleichzeitig die makropetrographische Aufnahme an der Flözprofilsäule durchzuführen, wurde wegen der schlechten Arbeitsbedingungen verworfen.

Für die Schlitzproben wurde vom Hangenden zum Liegenden ein ca. 30 cm breiter Streifen gelockert, herausgelöst und in Metallfolie verpackt. Das Gewicht der Schlitzproben betrug jeweils ca. 30 kg.

### 3.1. Aufbereitung der Kohlenproben und der Schlifffherstellung

#### 3.1.1 Flözprofilsäulen

Die Flözprofilsäulen wurden in Stücke von etwa 10 cm Länge zerlegt, wobei darauf geachtet wurde, daß eine möglichst lückenlose Folge von senkrecht zur Sedimentationsschichtung orientierten Stücken für die Anschliff-Herstellung zur Verfügung stand. Es war jedoch unvermeidbar, daß manche Stücke sich um wenige mm überlappten, bei anderen ergaben sich geringfügige Verluste. Daraus resultierten Abweichungen von den untertage eingemessenen Flözmächtigkeiten von etwa 1 - 2 cm, die aber für die Untersuchungen keine wesentliche Rolle spielten.

Die Kohlenstücke wurden in monomeres Kunstharz (Palatal) mit dem dazugehörigen Katalysator und Beschleuniger eingebettet. Nach dem Aushärten wurden die Stücke mit Silizium-Carbid-Pulver (Nr. 150, 300, 500, 1200) auf Glasplatten geschliffen. Nach dem Schleifen wurden sie mit Chromoxid und Tonerde Nr. 1 und Nr. 2 auf rotierenden Polierscheiben mit Billardtuch und Poliertuch poliert und feinpoliert (BB 22020).

### 3.1.2 Flözschlitzproben

Die Schlitzproben wurden zuerst auf eine Korngröße unter 1 mm zerkleinert und auf eine Menge von ca. 500 g heruntergeviertelt. Aus dieser Menge wurden 100 g mit Schwereflüssigkeiten bei den Dichten  $s = 1,5$  und  $s = 1,9$  getrennt. Das auf diese Weise gewonnene Schwimmgut (Reinkohle) wurde zur Herstellung von Analysenschliffen benutzt. An dem Gut mit der Dichte zwischen 1,5 und 1,9 sowie schwerer als 1,9 wurden röntgenographische Untersuchungen durchgeführt. Von einigen Proben wurden Körnerschliffe hergestellt. Die Herstellung der Körnerschliffe erfolgte entsprechend den Richtlinien der Bergbau-Betriebsblätter (BB 22020), und zwar unter Druck, um den Anteil der Körner in der Anschlifffläche zu erhöhen und eine Entmischung der Körner beim Aushärten zu vermeiden. Das Schleifen, Polieren und Feinpolieren wurde wie bei den Stückschliffen durchgeführt.

## 4. MAKROPETROGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN DER FLÖZPROFILSÄULEN

### 4.1 Lithotypen

Zur Aufnahme eines makropetrographischen Flözschnittes werden die das Flöz auftauenden Lithotypen erfaßt. Nach dem internationalen Lexikon für Kohlenpetrologie (1963) sind vier Lithotypen zu unterscheiden:

Vitrain — Durain — Fusain — Clarain.

Als Vitrain werden Kohlenlagen bezeichnet, die einen hohen Glanz aufweisen. Sie werden fast nur aus den Maceralen der Vitrinit-Gruppe aufgebaut. Der Glanz ist durch die homogene Zusammensetzung dieser Lagen bedingt; die glatten Bruchflächen bedingen, daß das Licht gerichtet reflektiert wird. Diese Lagen erreichen Breiten von wenigen Millimetern bis hin zu mehreren Zentimetern. Sie sind oft durch senkrecht zur Schichtung verlaufende Risse und Spalten gekennzeichnet, die eine Zerblockung der betreffenden Lage ermöglichen. Der Bruch des Vitrain ist muschelig.

Als Durain werden grau bis schwarze Kohlenlagen bezeichnet, die ein mattes Aussehen haben. Das matte Aussehen des Durain ist auf seine heterogene Zusammensetzung von Bestandteilen unterschiedlicher Härte zurückzuführen, die eine rauhe Oberfläche und damit eine diffuse Reflexion bewirken. An dem Durain können sich alle 3 Maceralgruppen sowie verschiedene Minerale beteiligen. Der Durain ist fester als der Vitrain und enthält demzufolge wenige Risse. Er zerfällt grobstückig. Der Durain bildet Lagen von Millimeter- bis Dezimeter-Breite.

Als Fusain werden schwarze Kohlenlagen oder Linsen bezeichnet, die einen Seidenglanz besitzen. Diese Lagen sind durch ihre hohe Zerreiblichkeit gekennzeichnet. Der Fusain ist der einzige Lithotyp, der schwarz abfärbt. Er wird aus den Maceralen Fusinit und Semifusinit aufgebaut. Durch Mineraleinlagerung in diesen Maceralen verliert der Fusain seine Zerreiblichkeit (Hartfusain).

Als Clarain wird eine feinstreifige Wechsellagerung zwischen glänzenden und matten Lagen bezeichnet, deren Breite unter 3 mm liegt. Der Clarain kann Breiten bis zu mehreren Zentimetern erreichen.

Das Erfassen der Lithotypen wurde, wie schon erwähnt, nicht vor Ort, sondern im Labor durchgeführt. Um Unterschiede zwischen den verschiedenen Flözprofilsäulen besser erfassen zu können, wurde die Mindestbreite der Lithotypen-Lagen von normalerweise 10 mm auf 5 mm herabgesetzt. Dies war notwendig, da die Flöze zum Teil ausgesprochen feinstreifig sind.

Aus den "Richtlinien für die makroskopische Ansprache und Aufnahme von Kohle und Nebengestein" (BB 22012) wurden für die Verwachsungen von Kohle mit Mineralsubstanz der Begriff "verunreinigte Kohle" und für die Verwachsungen von Kohle mit Nebengestein - entsprechend der Beteiligung der Komponenten - die Begriffe "Kohle mit Bergestreifen" oder "Berge mit Kohlestreifen" benutzt. Der Begriff "verunreinigte Kohle" schließt die früheren Bezeichnungen "Brandschiefer" und "unreine Kohle" ein.

Um die Grenzen zwischen den Lithotypen für die spätere mikroskopische Flözprofilmessung genau zu fixieren, wurden die Anschliffe zuerst mit einer Meßlinie senkrecht zur Schichtung versehen. Anschließend wurde die Grenze zwischen den jeweiligen Lithotypen auf der Meßlinie fein markiert.

## 4.2 Beschreibung der Flözprofilsäulen

### 4.2.1 Flözprofilsäule Capotera (Anlage 4)

Die Mächtigkeit des Flözes Capotera, gemessen an den Anschliffen, beträgt 139,2 cm. Davon entfallen 1,7 cm (1 %) auf Berge mit Kohlestreifen; 6,4 cm (5 %) auf Kohle mit Bergestreifen; 8,2 cm (6 %) auf Vitrain; 77,2 cm (56 %) auf Durain und 44,8 cm (32 %) auf Clarain. Der Lithotyp Fusain war nicht vorhanden.

Das Flöz Capotera beginnt im Hangenden mit dünnen Verwachsungen von Kohle mit Bergestreifen, gefolgt von einer 2,7 cm Durain-Lage. Im Bereich 4 - 4,6 cm unter dem Hangenden ist noch eine Verwachsungslage von Kohle mit Bergestreifen zu beobachten. Danach folgen drei breite Durain-Lagen, getrennt durch dünne Vitrain-Lagen. Andere Lagen sind in dem hangenden Bereich des Flözes nicht zu finden. Im Bereich 22,2 - 64,9 cm unter dem Hangenden findet man eine Wechsellagerung von Durain und Clarain-Lagen. Hier sind die breitesten Durain- bzw. Clarain-Lagen des Flözes mit Breiten von 9,2 und 10,3 cm zu finden. Es folgen dann, nur durch eine dünne Vitrain-Lage getrennt, noch weitere Wechsellagerungen von Durain und Clarain verschiedener Breite bis in die Nähe des Liegenden. Hier ist eine Lage von Kohle mit Bergestreifen von 5,8 cm Breite zu beobachten. Nach einer Durainlage wird der Übergang des Flözes zum liegenden Schiefertone durch eine dünne Lage von Berge mit Kohlestreifen gebildet.

### 4.2.2 Flözprofilsäule 1 (Anlage 5)

Die Flözmächtigkeit, gemessen an den Anschliffen, beträgt 213,4 cm. Dabei entfallen 1 cm (1 %) auf Berge mit Kohlestreifen, 33,3 cm (15 %) auf Vitrain, 110,9 cm (52 %) auf Durain und 68,3 cm (32 %) auf Clarain. Das Flöz enthält keinen Fusain. In der Flözprofilsäule des Flözes 1 ist keine Verwachsung vom hangenden Schiefertone zur Kohle zu erkennen. Im Bereich 2,3 - 21,8 cm unter dem Hangenden sind mehrere Vitrain-Lagen vorhanden, die durch Durain-Lagen getrennt werden. Dieser Bereich ist besonders durch diese Vitrain-Lagen gekennzeichnet. Danach folgt eine Wechsellagerung von Durain- und Clarain-Lagen verschiedener Breite. In diesem Bereich befindet sich die breiteste Durain-Lage mit 9,5 cm. Im Bereich von 72,6 - 73,6 cm ist eine Verwachsung von Bergen mit Kohlestreifen vorhanden. Es folgen danach Wechsellagerungen von Clarain und Durain mit vereinzelt eingeschalteten Vitrain-Lagen. Im Bereich 171,3 - 187 cm ist eine Wechsellagerung von Vitrain-, Durain- und Clarain-Lagen, wobei die Vitrain-Lagen vorherrschen. Danach folgen wieder Durain- und Clarain-Lagen mit eingeschalteten Vitrain-Lagen. Der Übergang des Flözes zum liegenden Nebengestein ist scharf und ohne Verwachsungen.

#### 4.2.3 Flözprofilsäule 2 (Anlage 7)

Die Flözmächtigkeit, an den Stückschliffen gemessen, beträgt 154,3 cm. Die prozentuale Beteiligung der Lithotypen ergibt: 2,9 cm (2 %) Berge mit Kohlenstreifen, 12,2 cm (8 %) Vitrain, 93,3 (60 %) Durain und 45,9 cm (30 %) Clarain. Das Flöz enthält keinen Fusain.

Das Flöz 2 wird durch eine 2,9 cm breite Lage von Kohle mit Bergestreifen vom hangenden Schieferthon getrennt. Im Bereich 5,6 - 29,7 cm unter dem Hangenden ist eine Wechsellagerung von Vitrain- und Durain-Lagen vorhanden. Danach folgt ein breiter Bereich mit Wechsellagerung von Durain und Clarain. Im Bereich 86,2 - 105 cm unter dem Hangenden sind dünne Vitrain- und Durain-Lagen zu beobachten. Danach folgt eine 30,3 cm mächtige Durain-Bank. In der Nähe der liegenden Flözpartie sind wieder Wechsellagerungen von Vitrain-, Durain- und Clarain-Lagen anzutreffen. Der Übergang des Flözes zum liegenden Schieferthon ist scharf.

#### 4.2.4 Flözprofilsäule 3 (Anlage 9)

Im Labor wurde an den Anschliffen eine Flözmächtigkeit von 166,3 cm gemessen. Die prozentuale Verteilung der Lithotypen ergibt folgende Werte: 2,2 cm (1 %) Berge mit Kohlenstreifen, 3,6 cm (2 %) Kohle mit Bergestreifen, 25,6 cm (15 %) Vitrain, 63,3 cm (38 %) Durain und 74,2 cm (44 %) Clarain. Im Flöz ist kein Fusain vorhanden.

Dieses Flöz enthält zwei Verwachsungslagen von Kohle mit Bergestreifen und Berge mit Kohlenstreifen von 3,6 bzw. 2,2 cm, die das Flöz vom hangenden Schieferthon trennen. Es folgt noch eine Wechsellagerung von Vitrain-, Durain- und Clarain-Lagen. Im Bereich 28,6 - 39,9 cm befindet sich eine breite Vitrain-Lage. Der Rest des Flözes besteht vorwiegend aus Durain und Clarain mit einigen Vitrain-Lagen. Der Übergang des Flözes zum liegenden Nebengestein verläuft klar und ohne Verwachsungen.

#### 4.2.5 Flözprofilsäule 4 (Anlage 10)

Die Stückschliffe ergeben eine Mächtigkeit für das Flöz von 89,8 cm. Die prozentuale Verteilung der Lithotypen ist: 1,1 cm (1 %) Berge mit Kohlenstreifen, 50,8 cm (57 %) Durain und 38 cm (42 %) Clarain. In dem Flöz sind weder Fusain noch Vitrain vorhanden.

Dieses Flöz beginnt mit einer 0,5 cm breiten Lage aus Bergen mit Kohlenstreifen, die das Flöz vom hangenden Schieferthon trennt. Danach folgt bis zum Liegenden eine Wechsellagerung von Durain und Clarain. Der Übergang vom Flöz zum liegenden Schieferthon wird durch eine dünne Lage von Kohle mit Bergestreifen gebildet.

#### 4.2.6 Flözprofilsäule 5 (Anlage 11)

Im Labor ergaben die Messungen der Stückschliffe eine Mächtigkeit von 107,6 cm. Dabei sind 2,9 cm (2 %) Berge mit Kohlenstreifen, 6,2 cm (6 %) Vitrain, 54,6 cm (51 %) Durain und 43,9 cm (41 %) Clarain. Fusain ist nicht vorhanden.

Dieses Flöz enthält eine dünne Lage von Bergen mit Kohlenstreifen, die das Flöz zum hangenden Schieferthon hin abgrenzt. Im 15,5 - 40,4 cm-Bereich unter dem Hangenden befinden sich die einzigen Vitrain-Lagen des Flözes in Wechsellagerung mit Durain und Clarain. Danach folgt eine Wechsellagerung von Durain und Clarain bis zum Liegenden. Der Übergang zum liegenden Schieferthon wird durch eine 2,4 cm breite Lage von Kohle mit Bergestreifen gebildet.

#### 4.2.7 Flözprofilsäule 1N (Anlage 6)

Die Flözmächtigkeit, gemessen an den Stückschliffen, beträgt 127,7 cm. Dabei entfallen

2,3 cm (2 %) auf Berge mit Kohlenstreifen, 15,8 cm (12 %) auf Vitrain, 56,9 cm (44 %) auf Durain und 53,2 cm (42 %) auf Clarain. Das Flöz enthält keinen Fusain.

Der Übergang des Flözes zum hangenden Schieferthon ist scharf. Vom Hangenden bis zu einer Verwachsungslage im Bereich 40,3 - 42,6 cm wird das Flöz aus einer Wechsellagerung von Vitrain, Durain und Clarain aufgebaut, wobei die Durain-Lagen am breitesten sind. Eine 2,3 cm breite Lage aus Bergen mit Kohlenstreifen im Bereich 40,3 - 42,6 cm unter dem Hangenden teilt das Flöz in eine Ober- und eine Unterbank. Danach folgen bis zum Liegenden Vitrain-, Durain- und Clarain-Lagen in Wechsellagerung. Der Übergang des Flözes zum liegenden Schieferthon erfolgt ohne Verwachsung.

#### 4.2.8 Flözprofilsäule 2N (Anlage 8)

Die an den Stückschliffen ermittelte Flözmächtigkeit beträgt 133,2 cm. Dabei entfallen 3,1 cm (2 %) auf Berge mit Kohlenstreifen, 18,2 cm (14 %) auf Vitrain, 57,3 cm (43 %) auf Durain und 54,6 cm (41 %) auf Clarain. In dem Flöz ist kein Fusain vorhanden.

Das Flöz beginnt im Hangenden mit einer 3,1 cm breiten Lage von Bergen mit Kohlenstreifen. Im Bereich 3,1 - 35,8 cm unter dem Hangenden ist eine Wechsellagerung von Vitrain und Durain zu beobachten. Hier sind die breitesten Durain-Lagen des Flözes zu finden. Anschließend wechseln Vitrain-, Durain- und Clarain-Lagen miteinander ab. Im Bereich 100,8 - 113,0 cm unter dem Hangenden sind zwei breite Vitrain-Lagen zu sehen, die durch eine dünne Clarain-Lage getrennt werden. Danach folgt bis zum Liegenden eine Wechsellagerung von breiten Clarain- und Durain-Lagen. Der Übergang vom Flöz zum liegenden Schieferthon ist deutlich ausgebildet.

#### 4.2.9 Vergleich der Flözprofilsäulen

Die makroskopischen Aufnahmen der Flözschnitte ergeben, daß die Flöze sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede aufweisen. Zu den Gemeinsamkeiten der Flöze im Bereich der Grube El Silencio und der Grube La Nechi gehören die Armut an Verwachsungen von Kohle mit Nebengestein, das Fehlen des Lithotyps Fusain und der z.T. feinstreifige Aufbau der Flöze.

Das Flöz Capotera zeichnet sich durch Verwachsungen von Kohle mit Nebengestein im Hangenden und Liegenden aus. Die Mehrheit der Vitrain-Lagen dieses Flözes befindet sich im Bereich 22,2 - 64,9 cm unterhalb des Hangenden.

Das Flöz 1 der Grube La Guali besitzt eine große Ähnlichkeit mit dem Flöz 1N der Grube La Nechi. Beide Flöze enthalten eine Verwachsungslage von Bergen mit Kohlenstreifen; beim Flöz 1 im Bereich 72,6 - 73,6 cm, beim Flöz 1N im Bereich 40,3 - 42,6 cm unter dem Hangenden. Der Übergang von Kohle zum Nebengestein ist bei beiden Flözen im Hangenden und Liegenden scharf. Diese scharfen Übergänge an beiden Flözenden sind nur in diesen Flözen zu beobachten. Eine andere Besonderheit dieser Flöze ist der im Vergleich zu den anderen Flözen viel höher liegende Anteil an feinstreifiger Kohle.

Das Flöz 2 der Grube El Silencio ist zum Teil mit dem Flöz 2N der Grube La Nechi vergleichbar. Beide besitzen nur im Hangenden eine Verwachsungslage von Kohle mit Nebengestein. Im Liegenden ist der Übergang von Kohle zum Nebengestein scharf. Die Lithotypen dieser Flöze sind zum großen Teil breiter als 2,5 cm und somit breiter als die meisten Lithotypen der Flöze 1 und 1N.

Charakteristisch für das Flöz 3 ist die Anwesenheit mehrerer Vitrain-Lagen im Bereich 9,1 - 28,6 cm unter dem Hangenden. Dieses Flöz enthält die breitesten Vitrain-Lagen aller Flöze. Wie bei den Flözen 2 und 2N sind auch Verwachsungen von Kohle mit Nebengestein im Hangenden zu beobachten. Im Liegenden besteht eine stark ausgeprägte Grenze von der Kohle zum Nebengestein.

Das Flöz 4 hat die geringste Mächtigkeit und ist zugleich das einzige, das weder Fusain noch Vitrain aufweist. Wie beim Flöz Capotera sind in diesem Flöz Verwachsungen von Kohle mit Nebengestein im Hangenden und Liegenden zu beobachten. In diesem Flöz sind die Kohlen-Lithotypen breiter als 1 cm.

Das Flöz 5 zeigt wie Flöz Capotera und Flöz 4 Verwachsungen von Kohle mit Nebengestein im Hangenden und Liegenden. Als einziges Flöz weist es Vitrain-Lagen direkt oberhalb der Flözmitte auf. Nach der Breite der Lithotypen kann man es mit dem Flöz 4 vergleichen.

## 5. PETROGRAPHISCHER AUFBAU DER KOHLE

### 5.1 Macerale

Die Macerale stellen die nur mikroskopisch erkennbaren Grundbestandteile der Kohle dar. Sie bilden sich aus den verschiedenen Organen und Geweben der abgestorbenen Pflanzen im Verlauf der ersten Phase der Inkohlung (biochemische Phase). Sie sind, je nach mengenmäßiger Beteiligung und Vergesellschaftung, maßgebend für die chemischen, physikalischen und technologischen Eigenschaften der Kohle eines bestimmten Inkohlungsgrades. Die Macerale unterscheiden sich voneinander durch morphographische Merkmale wie Form, Größe, Struktur, Farbe und Relief. Nach dem Internationalen Lexikon für Kohlenpetrologie (1963, 1971) wird die Steinkohle aus 14 Maceralen aufgebaut: Telinit, Collinit, Vitrodetrinit, Sporinit, Cutinit, Resinit, Alginit, Liptodetrinit, Mikrinit, Makrinit, Semifusinit, Fusinit, Sklerotinit und Inertodetrinit.

Diese Macerale lassen sich auf Grund des Reflexionsvermögens zu drei Maceralgruppen zusammenfassen. Die Macerale einer Gruppe haben bei gegebenem Inkohlungsgrad annähernd das gleiche Reflexionsvermögen. Die Macerale einer Gruppe unterscheiden sich untereinander vor allem in der Form.

#### 5.1.1 Maceral-Typen

Kleine Unterschiede in den physikalisch-chemischen oder biologischen Zersetzungsbedingungen während der ersten Phase der Inkohlung können zu leicht verschiedenen Ausbildungsformen der Macerale führen, die Maceral-Typen genannt werden. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Typen eines Macerals sind stets kleiner als die zwischen den verschiedenen Maceralen einer Gruppe. So wird z.B. der Collinit in Desmocollinit, Telocollinit, Corpocollinit und Gelocollinit, der Telinit in 1 und 2, der Fusinit in Pyrofusinit und Degradofusinit unterteilt.

#### 5.1.2 Maceralvarietäten

Wenn Strukturen eines Macerals eindeutig auf ein bestimmtes pflanzliches Ausgangsmaterial zurückgeführt werden können, wird von einer Maceralvarietät gesprochen (z.B. Cordaitotelinit, Fungotelinit, Tenuisporinit, Crassisporinit).

#### 5.1.3 Kryptomacerale

Werden durch Anwendung zusätzlicher Methoden wie z.B. Ätzen, Elektronenmikroskopie oder Fluoreszenzmikroskopie besondere Strukturen sichtbar, spricht man von Kryptomaceralen (z.B. Kryptotelinit).

## 5.2 Maceralgruppen

Die Macerale einer Kohle werden auf Grund unterschiedlicher Reflexion zur Vitrit-, Exinit- und Inertinitgruppe zusammengefaßt. Diese Reflexionsunterschiede sind in den gering inkohlten Steinkohlen am größten und verringern sich mit steigendem Inkohlungsgrad bis zu den Anthraziten. Im Bereich zwischen etwa 22 % und 18 % flüchtige Bestandteile gleicht sich das Reflexionsvermögen des Exinits dem des Vitrits an, so daß bei höher inkohlten Kohlen nur noch Vitrit und Inertinit zu unterscheiden sind. Die drei Maceralgruppen unterscheiden sich auch in ihrer chemischen Zusammensetzung. Werden die Maceralgruppen einer bestimmten Kohlenart verglichen, so ist die Vitritgruppe bei mittlerem C-Gehalt reicher an Sauerstoff, die Exinitgruppe bei niedrigem C-Gehalt reicher an Wasserstoff und die Inertinitgruppe hat den höchsten Kohlenstoffgehalt. Zu der Vitritgruppe gehören Telinit, Collinit und Vitrodetrinit, zu der Exinitgruppe Sporinit, Cutinit, Resinit, Alginit und Liptodetrinit und zu der Inertinitgruppe Mikrinit, Makrinit, Semifusinit, Fusinit, Sklerotinit und Inertodetrinit (s. Tab. 2).

## 5.3 Besonderheiten der Maceralführung aus dem Grenzbereich Braunkohle-Steinkohle

Bei den Untersuchungen der Kohlen mit einem Fluoreszenzmikroskop zeigte sich, daß diese, im Grenzbereich zwischen Braun- und Steinkohle liegenden, Kohlen einige fluoreszierende Macerale enthielten, die bislang nur aus der Braunkohle bekannt sind. Es sind dies Suberinit, Bituminit, Exudatinit, Chlorophyllinit und Fluorinit (TEICHMOLLER, M. 1974). Da bei der Braunkohlenmikroskopie die Fluoreszenzmikroskopie zu den Standarduntersuchungen gehört, werden diese zu der Liptinitgruppe gehörenden Macerale nicht als Kryptomaceral beschrieben. Suberinit und Bituminit konnten, nachdem sie mit Fluoreszenzbeleuchtung identifiziert waren, auch bei normaler Beleuchtung erkannt werden, so daß vorgeschlagen wird, in diesem Grenzbereich der Inkohlung von der Bezeichnung Kryptomaceral abzusehen. Neben diesen liptinitischen Maceralen enthielten die Kohlen aus diesem Grenzbereich der Inkohlung noch kleine Mengen von Maceralen der Huminitgruppe, die als Vorstufe der Vitritgruppe anzusprechen ist. Es sind dies Textinit, Ulminit, Attrinit, Densinit, Gelinit und Corpohuminit (INTERNATIONALES LEXIKON FÜR KOHLENPETROLOGIE 1975), die jedoch mit den entsprechenden Maceralen der Steinkohle korreliert wurden.

## 5.4 Mikrolithotypen

Die drei Maceralgruppen einer Kohle sind im allgemeinen miteinander vergesellschaftet. Diese Vergesellschaftungen werden Mikrolithotypen genannt (Tab. 3).

Nach dem INTERNATIONALEN LEXIKON FÜR KOHLENPETROLOGIE (1963) müssen die Mikrolithotypen eine Streifenbreite von mindestens 50  $\mu$  besitzen und mindestens 5 Vol.-% der für sie typischen Maceralgruppen (5 %-Klausel) enthalten.

Monomaceralische Mikrolithotypen werden aus Maceralen einer Gruppe gebildet. Dies ist jedoch fast nur bei den Maceralen der Vitrit- und Inertinitgruppe der Fall. Macerale der Exinitgruppe bilden selten monomaceralische Mikrolithotypen. Der Mikrolithotyp, der aus den Maceralen der Vitritgruppe besteht, wird Vitrit, der aus der Exinitgruppe Liptit und der aus der Inertinitgruppe Inertit genannt. Die bimaceralischen Mikrolithotypen werden aus den Maceralen von zwei Gruppen gebildet. Sie werden Clarit (Vitrit + Exinit), Vitritinit (Vitrit + Inertinit) und Durit (Inertinit + Exinit) genannt. Wenn Macerale der drei Gruppen zu jeweils mehr als 5 Vol.-% beteiligt sind, so handelt es sich um den trimacerali-

schen Mikrolithotyp Trimacerit. Das Vorherrschen einer Maceralgruppe in einem bi- oder trimaceralischen Mikrolithotyp kann durch die Indices V, E bzw. I angezeigt werden (INTERNATIONALES LEXIKON FOR KOHLENPETROLOGIE 1971). Dies geschieht folgendermaßen:

Trimacerit<sub>V</sub> (Vorherrschen der Vitritgruppe)  
Trimacerit<sub>E</sub> (Vorherrschen der Exinitgruppe)  
Trimacerit<sub>I</sub> (Vorherrschen der Inertinitgruppe).

## 5.5 Carbominerite

Die Verwachsung der Minerale mit den Mikrolithotypen werden Carbominerite genannt. Die Carbominerite können in Carbargilit, Carbankerit, Carbopyrit, Carbosilicite und Carbopolymerite (s. Tab. 4) unterteilt werden. Carbargilit, Carbankerit und Carbosilicite enthalten einen Tonmineral-, Karbonat- oder Quarz-Anteil zwischen 20 und 60 Vol.-%. Beim Carbopyrit liegt der Anteil zwischen 5 und 20 Vol.-% aufgrund des höheren spezifischen Gewichtes des Schwefelkieses. Diese in Vol.-% angegebenen Bereiche der Carbominerite entsprechen etwa dem Dichtebereich 1,5 bis 2,0 kg/dm<sup>3</sup>. Die Carbopolymerite enthalten zwei oder mehr der genannten Minerale mit einem Anteil zwischen 20 und 60 Vol.-%, wobei die untere Grenze sich in Abhängigkeit vom Pyritgehalt bis auf 5 Vol.-% verschieben kann. Mikrolithotypen mit mehr als 60 Vol.-% Tonminerale, Quarz oder Karbonaten werden als Berge bezeichnet.

In der Darstellung der mikroskopischen Flözprofilanalysen wurden Carbominerite und die Berge wegen der geringen Beteiligung zusammengefaßt.

## 6. QUALITATIVE MIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNGEN DER FLÖZPROFILSÄULEN

Für diese Untersuchungen wurden die angeschliffenen Flözprofilssäulen vom Hangenden bis zum Liegenden mikroskopiert, um einen Einblick in den Flözaufbau zu gewinnen und Besonderheiten zu erkennen. Gearbeitet wurde bei 250-facher Vergrößerung mit einem binokularen Auflichtmikroskop der Firma Leitz. Als Immersionsflüssigkeit wurde Glycerin benutzt.

Die Untersuchungen ergaben, daß die Macerale, Minerale und ihre Vergesellschaftungen bei allen Flözen der Amaga-Mulde ähnlich sind. Aus diesem Grund werden sie gemeinsam besprochen und die Profilsäulen nach besonderen Lagen gekennzeichnet und beschrieben.

### 6.1 Macerale der Flöze der Amaga-Mulde

Die Flöze sind vorwiegend aus den Maceralen der Vitritgruppe aufgebaut. Sie bilden Lagen verschiedener Breite. Die Macerale der Exinitgruppe sind im allgemeinen mit Vitrit vergesellschaftet. Die Macerale der Inertinitgruppe sind immer in die vitritische Grundmasse eingelagert, nur selten in höherer Konzentration.

#### 6.1.1 Macerale der Vitritgruppe

Alle Macerale, die zu dieser Gruppe gehören, sind in den Flözen anwesend. In der Häufigkeit steht an erster Stelle der Collinit, gefolgt vom Telinit und Vitrodetrinit.

Nach dem INTERNATIONALEN LEXIKON FOR KOHLENPETROLOGIE (1963, 1971) ist der *Collinit* ein Vitrit ohne Zellgefüge. Durch Ätzung erkennt man, daß das Zellgefüge vorhanden sein kann, wenn es nur durch eine kolloidale Gelausfüllung verdeckt wird. Im Collinit der Flöze kann man die Maceraltypen Desmocollinit, Corpocollinit, Telocollinit und Gelocollinit unterscheiden.

Der *Desmocollinit* bildet die Hauptmasse des Collinites. Je nach Vergelungsgrad konnten 3 verschiedene Desmocollinittypen unterschieden werden, und zwar dunkelgraue, graue und hellgraue Desmocollinite. Beim dunkelgrauen Desmocollinit (Taf. 1, Fig. 1) sind noch Reste der Attrinite, Densinite und Gelinite vorhanden, die ein kompaktes unfiguriertes "schaumigporöses" Gefüge zeigen. Bei dem grauen Desmocollinit (Taf. 1, Fig. 2) ist das Gefüge locker und beim hellgrauen Desmocollinit sind zwischen glatten helleren Bereichen kleine schwarze Pünktchen zu erkennen, bei denen es sich vielleicht um Poren handelt. Der dunkelgraue Desmocollinit bildet in Vergesellschaftung mit Exiniten und z.T. Mineralen die Durain-Lagen. Er stellt die Grundmasse der Clarite, Vitrinertite und Trimacerite dar. Man findet Tonmineralkörner und Schwefelkieskonkretionen in Desmocollinit eingebettet und schlierenförmig angeordnet. Die Einlagerungen von großen Corpocolliniten und Sklerotien werden von Desmocollinit "umflossen". Dies weist auf eine ehemals breiartige Beschaffenheit des Desmocollinites hin. Man findet auch Telinitteilchen, die schwer von der dunkelgrauen desmocollinitischen Grundmasse zu unterscheiden sind.

Die *Corpocollinite* sind homogen und von runder, ovaler oder manchmal eckiger Form. Die Corpocollinite können nach der Größe in 3 Typen unterteilt werden: Typ 1 mit 50 u bis 100 u Typ 2 mit 100 u - 300 u und Typ 3 mit mehr als 300 u Durchmesser. Das Reflexionsvermögen der drei Corpocollinittypen ist wechselnd, jedoch stets höher als das des Desmocollinites und geringer als das des Semifusinites. Die Corpocollinite von Typ 1 und 2 (Taf. 2, Fig. 1) findet man meist eingebettet in desmocollinitischer Grundmasse. Sie haben glatte oder mikrokörnige Oberflächen, die an die Gelinite der Braunkohle erinnern.

Man beobachtet auch Corpocollinite in Korkzellen, die noch als Überbleibsel der Corpohuminitate der Braunkohle angesehen werden können. Sie füllen die Zellhohlräume aus und sind meist von Suberinit umgeben. Ihre Farbe ist hellgrau, die Oberfläche im allgemeinen glatt, gelegentlich sind kleine Poren zu beobachten. Diese Corpocollinite bilden auch lange Streifen, die oft Telocollinit-Lagen begrenzen. Diese Corpocollinite vom Typ 1 haben z.T. Poren und sind heller als die mit Desmocollinit vergesellschafteten. Ihr Reflexionsvermögen kann dem eines Semifusinites nahe kommen.

Corpocollinite von Typ 1 und 2 bilden in Vergesellschaftung mit Teliniten die Vitrain-Lagen. Sie haben eine hellgraue und eine glatte oder auch mikrokörnige Oberfläche. Manche dieser Körper scheinen isoliert zu sein, bei anderen kann man annehmen, daß sie die Hohlräume der ehemaligen Markstrahlen füllen.

Corpocollinite des Typs 2, vergesellschaftet mit Cutinit, bilden einen Teil der Clarain-Lagen. Hier schmiegen sich die Cutinite um die Corpocollinite. Die Körper haben runde und ovale Formen und eine graue Farbe mit gelblichem Stich. Man findet Corpocollinite des Typs 2 angereichert und linsenbildend. Sie sind hellgrau und rund. Möglicherweise haben sie sich in früheren Korkzellgeweben gebildet.

Der *Telocollinit* bildet Lagen verschiedener Breite (Taf. 2, Fig. 2). Dünne Telocollinit-Lagen bilden in Wechsellagerung mit exinitreicheren Streifen ebenfalls Clarain-Lagen. Die Vitrainlagen bestehen selten aus Telocollinit. Die Telocollinit-Lagen sind fast homogen; vereinzelt sind Sklerotinite, möglicherweise Pilzhyphenfetzen, eingelagert. Sie sind im Vergleich zum Desmocollinit heller. Charakteristisch für die Telocollinit-Lagen sind Mikrorisse senkrecht zur Schichtung. Nach dem INTERNATIONALEN LEXIKON FÜR KOHLENPETROLOGIE (1971) stellt der Telocollinit das Endstadium der Gelifizierung eines nicht vollends zerstörten pflanzlichen Gewebes dar.

*Gelocollinit* findet man in Spalten und Rissen wie z.B. in den Mikrorissen der Telocollinit-Lagen. Er ist nach dem INTERNATIONALEN LEXIKON FÜR KOHLENPETROLOGIE als reines Gel aufzufassen. Gelocollinit findet man als Ausfüllung in den Zellhohlräumen des Telinites sowie als Grundmasse, die Vitrodetrinit-Teilchen verkittet, vor allem in vitrinitischen Lagen, die mikrotektonisch gestört sind. Die Farbe des Gelocollinites ist heller als die des

Desmocollinitis. Im Gegensatz zu Telocollinit ist er nie figuriert.

Der *Telinit* zeigt mehr oder weniger deutlich Zellstrukturen des pflanzlichen Ausgangsmaterials (Holz, Periderm usw.). Ausschließlich die Zellwände werden als Telinit bezeichnet. Nach dem INTERNATIONALEN LEXIKON FOR KOHLENPETROLOGIE (1971) können die Zellwände vergelt sein und zeigen deshalb keine innere Struktur wie z.B. Lamellen. Die Zellhöhlräume sind entweder rund oder oval (Typ 1) oder vollständig zusammengedrückt (Typ 2). In den Flözen der Amaga-Mulde sind die Telinite gering inkohlt, ihre Farbe ist grau. Es ist möglich, daß diese Telinite noch Zellulose enthalten. Diese dunklen Telinite sind manchmal schwer von Suberiniten oder hellen Cutiniten zu unterscheiden.

In den Flözen sind folgende Telinite zu beobachten:

- a) Lagenbildende helle Telinite mit glatten Zellwänden. Die Zellstruktur ist deformiert, die Zellwände sind mehr oder weniger zusammengedrückt, so daß die Zellumen oft nur als schmale Streifen zu erkennen sind (Typ 2). Diese Telinite sind mit Corpocolliniten vergesellschaftet und bilden die Vitrain-Lagen. Man findet auch Telinite des Typs 1 mit leeren oder z.T. mit Tonmineralen gefüllten Zellhöhlräumen. Charakteristisch für diese Vitrain-Lagen sind Risse und Spalten, auf denen Karbonat oder Schwefelkies abgesetzt worden ist.
- b) Telinite, die ein verschwommenes Zellgefüge zeigen. Diese Telinite sind schwächer in ihrer Reflexion als die beschriebenen Telinite vom Typ 2. Diese Telinite bilden Lagen verschiedener Breite. Gelegentlich sind Corpocollinite oder parallel zur Schichtung angeordnete Reste von Pilzhyphen eingelagert.
- c) Telinite vom Typ 1 und 2, deren Zellhöhlräume mit Gelocollinit ausgefüllt sind. Diese Telinite bilden breite Lagen - sind jedoch selten.
- d) Telinite, deren Hohlräume mit Resinit ausgefüllt sind.

*Vitrodetrinite* sind Fragmente der Macerale der Vitrinitgruppe, die jedoch so klein sind, daß sie nicht eindeutig einer dieser Maceralgruppen zuzuordnen sind. Sie sind durch weitgehende Zerkleinerung der vergelten Gewebe entstanden. Sie sind eckig oder zeigen wechselnde Konturen. Sie sind im allgemeinen kleiner als  $10 \mu$ . Diese Bestandteile findet man eingebettet in Desmocollinit - selten in Bituminit in Vergesellschaftung mit den Maceralen der Exinit- und Inertinitgruppe.

#### 6.1.2 Macerale der Exinitgruppe

Aus dieser Gruppe wurden Sporinit, Cutinit, Resinit, Suberinit, Bituminit und Liptodetrinit gefunden. Alginite war nicht vorhanden. Lagenbildende Exinite waren äußerst selten vorhanden. Sie sind in stark wechselnden Mengen in die vitrinitischen, selten bituminitischen Grundmassen eingelagert.

Eine genauere Untersuchung der Exinite der gering inkohlt Kohlen der Antioquia-Formation in der Amaga-Mulde müßte mit Hilfe der Fluoreszenzmikroskopie durchgeführt werden. Diese Untersuchungen konnten nicht gemacht werden, da kein Fluoreszenzmikroskop zur Verfügung stand. Dank des Entgegenkommens des Geologischen Landesamtes Krefeld konnten einige allgemein orientierende Untersuchungen gemacht werden. An dieser Stelle möchte ich Frau Dr. M. Teichmüller und Frau Dr. M. Wolf für ihre Hilfe danken.

Der *Sporinit* tritt im allgemeinen in Form von Mikrosporinit auf (Taf. 3, Fig. 1). Pollinit ist nur in einigen Fällen zu beobachten. Die Sporinite sind meist kleiner als  $10 \mu$  und z.T. schwer von Cutinitfetzen zu unterscheiden. Bei manchen flach zusammengedrückten Exinen (Außenhäute der Sporen), die senkrecht geschnitten wurden, deutet sich der ursprüngliche Innenraum durch eine dünne Linie an. Man findet Anreicherungen von Sporinit mit und ohne Skulpturen in vereinzelt Lagen in desmocollinitischer Grundmasse, meistens jedoch in bituminitischer Grundmasse vergesellschaftet mit Resinit, Corpocollinit, Vitrodetrinit und Liptodetrinit. Die Farbe der Sporinite ist meist dunkelgrau. Er zeigt ein Relief gegenüber dem Vitrinit infolge seiner hohen Polierhärte. Gelegentlich findet man Sporangien, die Megasporen vortäuschen können, die aber durch die Unreife der Sporen heller erscheinen

(Taf. 3, Fig. 2).

Der *Cutinit* ist im allgemeinen mit Vitrinit vergesellschaftet (Cuticulenclarit) (Taf. 4, Fig. 1). Die Cutinite sind meist in den Anschliffen durch ihre Formen, Größe und Farbe gut erkennbar. Sie sind dunkler als Resinite und ähneln in ihrer Farbe den Sporiniten. Bei manchen Cuticulen, die zufällig schräg geschnitten wurden, kann man das Zellgefüge und die Cuticularleisten beobachten. Bei senkrecht geschnittenen ist die einseitige Zahnung zu erkennen. Gelegentlich kommt auch ein gezählter Cutinit von fast schwarzer Farbe vor (Taf. 1, Fig. 1). Dieser Typ ist in der Regel in dunkelgraue Desmocollinite eingebettet. Sie bilden gelegentlich kleine Linsen von 100 - 200 u Länge. Vereinzelt kommen auch dünne, ungezählte Cutinite von dunkler Farbe vor. Sie sind mit desmocollinitischer Grundmasse vergesellschaftet und haben ein starkes Relief gegenüber dem Desmocollinit. In manchen Lagen findet man, vergesellschaftet mit Vitrinit, hellgraue dünne Cutinite verschiedener Länge mit Verzierungen. Diese Cutinite sind zum Verwechseln ähnlich mit Sporiniten oder zusammengedrückten zellulosehaltigen Holzzellen.

*Resinit* findet man sowohl als isolierte Körner in Collinit-Lagen (Taf. 4, Fig. 2) als auch als Zellfüllung der Telinite und auf Rissen. Seine Farbe wechselt von dunkelgrau-braun bis hellgrau. Die Größe und die Formen der Resinite sind verschieden; runde und ovale Formen herrschen vor. In der collinitischen Grundmasse sind die Resinite sowohl als fein verteilte Teilchen als auch als große Harzklumpen vorhanden. Die Harzklumpen zeigen farbige Innenreflexe und ein Relief gegenüber dem Vitrinit (Taf. 5, Fig. 1). Die Resinitlinsen erreichen Größen von 300 - 500 u. Auf Grund von Farbe, Form und Größe können zwei Arten von Resiniten unterschieden werden. Die erste Art besteht aus rotbraunen Resiniten mit ovalen und runden Formen. Sie haben verschiedene Größen und kommen sowohl als isolierte Körper mit Vitrinit vergesellschaftet vor als auch als Zellhohlraumausfüllung des Telinit. Die zweite Art bilden hellbraune Resinite. Sie zeigen oft eine zonare Struktur, meist ovale Formen und sind kleiner als die der ersten Art. Man findet diese Resinite in der Nachbarschaft von Rissen, was unter Umständen auf diese späteren Ausscheidungen hinweist. Diese Resinite zeigen nur ein schwaches Relief gegenüber dem Vitrinit. In bituminitischer Grundmasse sind die Resinite vergesellschaftet mit Sklerotinit, Corpocollinit, Sporinit, Cutinit, Liptodetrinit und Inertodetrinit. Schließlich muß noch erwähnt werden, daß Resinit auch als diffuse Imprägnation der Vitrinite und Huminite vorkommen kann.

Der *Suberinit* ist meist mit Collinit vergesellschaftet (Taf. 5, Fig. 2). Er bildet Lagen, die bis zu 200 u breit sein können. Die Korkgewebe, aus denen der Suberinit entstanden ist, bilden in den Flözen Linsen oder langgestreckte Lagen. Ähnlich wie die Telinite können auch die Zellen des Suberinit zusammengepreßt sein, wodurch eine feine Streifung entsteht. In diesen gestreiften Bändern beobachtet man eine feine mikrokörnige Struktur mit farbigen Innenreflexen. Gelegentlich bilden die Streifen kompakte Linsen oder Lagen. Einzelne isolierte Suberinitstreifen sind wegen der Farbe und Form schwer von Telinit- oder Cutinitfetzen zu unterscheiden. Die Suberinite zeigen gegenüber dem Vitrinit kein Relief.

*Bitumininit* findet man nur gelegentlich und zwar als kleine Linsen. Er bildet eine dunkelgraue Masse mit körniger Struktur, die ähnlich dem Vitrinit als Einbettungsmasse für die Macerale der Exinit- und Inertinitgruppe dient (Taf. 6, Fig. 1). Die Bituminitlinsen enthalten oft Minerale wie Quarz und Pyrit. Die Vergesellschaftung ist sehr charakteristisch, denn in ihr findet man die größten Sklerotinite sowie viel Detritus der drei Maceralgruppen. Oft sind die Bituminitlinsen kaum von den dunkelgrauen Desmocollinitlinsen zu unterscheiden, da in beiden die gleichen Maceralvergesellschaftungen vorliegen können.

*Liptodetrinit* ist reichlich vorhanden. Es ist der häufigste Bestandteil der Exinitgruppe (Taf. 6, Fig. 1). Den Liptodetrinit findet man vorwiegend in desmocollinitischer Grundmasse. Wie schon erwähnt, ist er auch in bituminitischer Grundmasse anzutreffen. Die

Liptodetrinite sind Bruchstücke von Cutiniten, Suberiniten, Sporiniten, Resiniten und isolierten Bitumenteilchen, deren eindeutige Zuordnung zu einem bestimmten Maceral der Exinitgruppe wegen ihrer Kleinheit (kleiner als  $5 \mu$ ) nicht erfolgen kann.

### 6.1.3 Macerale der Inertinitgruppe

Die untersuchten Kohlen führten lediglich Sklerotinit, Semifusinit, Mikrinit und Inertodetrinit. Makrinit und Fusinit wurden nicht beobachtet. Die *Sklerotinite* zeigten eine große Mannigfaltigkeit. Neben echten Pilzdauersporen - vor allem Teleutosporen - konnte auch Resinit-Sklerotinit und Plectenchym-Sklerotinit beobachtet werden. Der letztgenannte ist wahrscheinlich auch ein wesentlicher Bestandteil des Inertodetrinit. Diese Macerale sind durch ihre Form, Größe, weiße Farbe sowie ihr Relief gegenüber dem Vitrinit nicht nur untereinander, sondern auch von den übrigen Maceralen gut zu unterscheiden.

Die Form der Pilzsporen ist elliptisch (Taf. 6) - manchmal eckig, gelegentlich durch Belastungsdruck verformt. Selten findet man Reste des Inhalts der Pilzsporen, der außerdem nicht genau zu bestimmen ist. Normalerweise ist der Hohlraum leer, gelegentlich ist er jedoch mit Mineralsubstanz oder Collinit gefüllt. Die Dicke der Pilzsporenwände ist verschieden und hängt weitgehend von der Schnittlage ab. Manche Pilzsporen zeigen Bruchrisse an den Wänden, andere sind intakt mit Verzierungen. Bei den letztgenannten handelt es sich wahrscheinlich um Uredosporen (Sommeresporen). Die Größe der Pilzsporen ist sehr verschieden. Man findet sie sowohl in vitrinitischer Grundmasse eingebettet mit nur wenigen  $\mu$  Durchmesser als auch in bituminitischer Grundmasse mit bis zu  $100 \mu$  Durchmesser.

Teleutosporen (Pilzdauersporen) findet man verstreut in vitrinitischer Grundmasse eingebettet. Es sind Körper verschiedener Form und Größe. Unter den Formen dominieren die breitovalen mit 2 bis 7 Kammern. Sie besitzen eine Länge bis zu  $60 \mu$  und bis zu  $40 \mu$  Breite. Die Kammern der Teleutosporen sind meist leer, selten mit Mineralen ausgefüllt. Die anderen Sklerotien sind meist verstreut, eingelagert in desmocollinitische oder bituminitische Grundmasse (Taf. 6, Fig. 1). Anreicherungen und Vergesellschaftungen mit Exinit oder anderen Maceralen der Inertinitgruppe sind selten. Unter den Sklerotien gibt es eine kugelförmige Art mit unregelmäßigen Kammern verschiedener Größe, die als Sklerotites Brandonianus anzusprechen ist. Diese Art ist sehr häufig und ist ebenso wie die Teleutosporen charakteristisch für tertiäre Kohlen. Man beobachtet auch Sklerotinite mit kleinen Kammern, die nach STACH & PICKHARDT (1964) durch die innige Verflechtung und Verwachsung von Hyphen entstanden sind. Hier handelt es sich um große Hohlkugeln aus festen knolligen Hyphenverbänden, die manchmal durch Belastungsdruck zu Ellipsoiden verformt oder abgeplattet wurden.

*Resinit-Sklerotinite* sind ovale Körper, meist kleiner als  $15 \mu$ . Sie sind fast nur zusammen mit den anderen Sklerotiniten zu finden. Sie haben oft Bläschen in ihrem Inneren und können Sklerotien vortäuschen. Nach STACH (1968) sind diese Sklerotinite durch Oxidation von Resinit-Körpern entstanden.

*Plectenchym-Sklerotinite* sind große langgestreckte geschwungene chitinöse Pilzgeflechte (Taf. 7, Fig. 1), die bis zu 1 mm Länge erreichen können. Sie sind mit Collinit vergesellschaftet. Die Größe und Form ihrer Hohlräume ist im Gegensatz zu Semifusinit oder Fusinit verschieden und unregelmäßig.

*Mikrinit* wird nach dem INTERNATIONALEN LEXIKON FOR KOHLENPETROLOGIE als ein rundes feinkörniges Maceral von höchstens  $10 \mu$  Durchmesser beschrieben. In den untersuchten Proben ist der Mikrinit in desmocollinitischer Grundmasse mit Sklerotinit und Inertodetrinit vergesellschaftet, wobei die Abgrenzung von Mikrinit gegenüber Inertodetrinit schwer ist. Dies gilt insbesondere für den "Detrito-Mikrinit" (MACKOWSKY 1976). Insgesamt besehen ist der Mikrinitanteil in den Flözen gering.

*Semifusinit* ist in den Flözen selten. Nach dem INTERNATIONALEN LEXIKON FOR KOHLENPETROLOGIE (1963) bildet der Semifusinit den Übergang von Telinit in Fusinit. Sein Reflexionsvermögen ist höher als das des Telinit, aber geringer als das des Fusinit.

*Inertodetrinit* findet man vorwiegend in desmocollinitischer und bituminitischer Grundmasse. Es sind Teilchen von wenigen  $\mu$  Größe und verschiedenen Formen, die keinem anderen Maceral der Inertinitgruppe zuzuordnen sind. Es ist möglich, daß Inertodetrinite ausschließlich aus Sklerotinitbruchstücken bestehen.

## 7. BESONDERHEITEN IN DER ZUSAMMENSETZUNG DER LITHOTYPEN NACH MIKROLITHOTYPEN

In diesem Abschnitt werden Flözlagen, die durch eine besondere Ausbildung der Macerale und durch ihre Vergesellschaftungen auffallen, beschrieben und geprüft, ob sich diese Lagen eventuell zur Flözidentifizierung und Gleichstellung verwenden lassen. Hierfür kommen in erster Linie Durain- und Berge-Lagen in Frage, die auf Grund vorliegender Erfahrungen (KUTZNER 1967; DIESEL 1961) über eine größere horizontale Erstreckung aushalten können.

### 7.1 Flöz Capotera

Das Flöz enthält zwei besondere Lagen. Am Hangenden ist eine 1,1 cm breite Lage vorhanden, die hauptsächlich aus Bergen und Carbomineriten mit eingeschalteten Clariten und Trimaceriten aufgebaut wird. Die Berge bestehen vorwiegend aus Tonmineralen, Schwefelkies und Karbonaten. Quarze findet man nur in kleinen Mengen. Auffallend sind große Schwefelkieskonkretionen, die nur in dieser Lage zu beobachten sind (Taf. 7, Fig. 2). In der unteren Flözhälfte findet man im Bereich 109,0 - 111,6 cm unter dem Hangenden eine Durain-Lage hauptsächlich aus Clariten und Trimaceriten bestehend (Lage 33). Vitrinertite, Durite und Liptite sind wenig vorhanden. Die Lage ist besonders gekennzeichnet durch große Sklerotien, die in bituminitischer und desmocollinitischer Grundmasse eingebettet sind (Tab. 8, Fig.1).

### 7.2 Flöz 1

Das Flöz wird im Bereich 72,6 - 73,6 cm unter dem Hangenden durch eine 1,0 cm breite Lage, reich an Bergen und Carbomineriten, in eine Ober- und eine Unterbank unterteilt (Lage 38). Die Lage besteht aus Schiefertone in Wechsellagerung mit Carbagiliten, Clariten und Vitriten. Der Schiefertone enthält kohlige Einlagerungen, die aus Vitrinit, Exinit und Inertinit bestehen. Es fällt auf, daß in dieser Lage Schwefelkies und Karbonate fehlen (Taf. 8, Fig. 2).

In der Unterbank im Bereich 92,1 - 93,2 cm unter dem Hangenden (Lage 48) ist eine Durain-Lage vorhanden, arm an Inertiniten, aber reich an Exiniten, von denen der Resinit vorherrscht (Taf. 9, Fig. 1). Die Macerale sind vorwiegend in desmocollinitischer, vereinzelt aber auch in bituminitischer Grundmasse eingebettet.

In dem Bereich 120,2 - 124,2 cm unter dem Hangenden besteht ein Abschnitt aus Durain- und Clarain-Lagen, in dem mikrotektonische Strukturen in Form von Verwerfungen (Taf. 9, Fig. 2), Staffelbrüchen und Zertrümmerungen, die bis zur Mylonitisierung gehen, zu erkennen sind. Fältelungen sind nicht deutlich ausgeprägt. Mikroabschiebungen und Mikroüberschiebungen, die Vitrite, Clarite und Carbominerite um wenige Millimeter versetzen, sind am häufigsten. Die hierdurch entstandenen Risse und Spalten erreichen eine Breite bis zu 20  $\mu$ , wobei die breitesten in den Vitriten zu finden sind. Die Risse und Spalten sind mit

Karbonaten (Taf. 10, Fig. 1) oder Nadeleisenerz ausgefüllt. Die mylonitisierten Partien bestehen aus eckigen kleinen Bruchstücken, die normalerweise durch vitrinische Grundmasse verkittet werden (TEICHMOLLER, M. & TEICHMOLLER, R. 1954).

### 7.3 Flöz 2

Das Flöz beginnt im Hangenden mit einer 2,9 cm breiten Lage aus Schiefertone mit Kohlenschmitzen (Lage 1). Die Kohlenschmitzen bestehen hauptsächlich aus Vitriten und Clariten, in denen Desmocollinit, Vitrodetrinit, Telinit, Cutinit, Resinit und Liptodetrinit miteinander vergesellschaftet sind. Die Berge bestehen vorwiegend aus Tonmineralen mit etwas Schwefelkies, Karbonat und Quarz. Unter den Carbomineriten steht an erster Stelle Carbargilit, gefolgt von Carbopyrit. Auffallend in den Bergen sind die großen Mengen an Exinitfetzen, vorwiegend Cutinit (Taf. 10, Fig. 2).

Im Bereich 2,9 - 4,4 cm unter dem Hangenden liegt eine Durainlage, die reich an Exiniten ist (Lage 2). Die Exinite bestehen vorwiegend aus Bituminit und Resinit, die Liptite bilden. Gelegentlich sind diese Mikrolithotypen durch Tonminerale, Schwefelkies und Quarz verunreinigt (Taf. 11, Fig. 1). Auffallend in dieser Lage sind Vitrinertite aus Desmocollinit und Sklerotites Brandonianus (Taf. 11, Fig. 2).

An der Grenze zum Liegenden trifft man eine 1,4 cm breite Durain-Lage (Lage 49), die aus Liptit, Clarit, Vitrit und Carbominerit besteht. Auffallend in dieser Lage sind spornitritreiche Bituminit-Linsen (Taf. 12, Fig. 1) und Carbargilit (Taf. 12, Fig. 2).

### 7.4 Flöz 3 (s. Anlage 9)

Dieses Flöz enthält eine besondere Durain-Lage im Bereich 39,9 - 43,3 cm unter dem Hangenden (Lage 21). Die Lage besteht aus Vitrit, Liptit, Clarit, Durit und Trimacerit. Auffallend ist, daß manche Durite aus Bituminit und Teleutosporen bestehen (Taf. 13, Fig. 1).

Außer dieser charakteristischen Durain-Lage besteht das Flöz hauptsächlich aus Clarainlagen, die zwar in ihrer Zusammensetzung schwanken, aber keine Besonderheiten aufweisen.

### 7.5 Flöz 4

Dieses Flöz ist im Vergleich zu den anderen Flözen besonders reich an Liptiten und Duriten. Im Hangenden des Flözes ist eine 0,5 cm breite Lage aus Schiefertone und Kohlenschmitzen (Lage 1). Die Lage besteht aus einer feinen Wechsellagerung von vorwiegend Carbominerit, Bergen, Vitrit, Clarit und etwas Trimacerit. Außer dieser feinen Wechsellagerung wird die Lage gekennzeichnet durch einen hohen Tonmineral- und Quarz-Anteil und wenig Schwefelkies (Taf. 13, Fig. 2). Karbonate sind nur in Rissen zu finden.

Im Bereich 83,0 - 85,0 cm unter dem Hangenden befindet sich eine Lage reich an Liptiten, Clariten, Duriten und Trimaceriten (Lage 22). Die Lage wird gekennzeichnet durch Clarite, die aus Telinit, Corpocollinit und Exudatinit aufgebaut werden (Taf. 14, Fig. 1).

### 7.6 Flöz 5

Das Flöz enthält im Hangenden eine 0,5 cm breite Lage aus Schiefertone mit Kohlenschmitzen, die aus Bergen und Carbomineriten mit eingeschalteten Clariten und Duriten zu-

sammengesetzt ist (Lage 1). Diese vorwiegend aus Tonmineralen aufgebauten Berge enthalten eingesprengt Quarze und Maceralreste. Die Carbominerite sind meist Carbargilite. Carbo-pyrit ist genauso selten wie Carbankerit. Karbonate sind nur auf Rissen und Spalten zu finden. Auffallend in der Lage sind die Maceralreste in den Bergen.

Im Bereich 40,4 - 44,4 cm unter dem Hangenden findet man eine Durain-Lage aus Vitrit, Liptit, Clarit und Trimacerit aufgebaut. Die Vitrite bestehen aus Telinit, Corpocollinit und Telocollinit. Desmocollinit, Resinit, Sporinit, Suberinit, Sklerotinit, Mikrinit und Inertodetrinit bilden die Clarite und Trimacerite. Die Lage wird gekennzeichnet durch Liptite, die aus Resinit und Sporinit aufgebaut wurden (Tab. 14, Fig. 2). Die Carbominerite in dieser Lage bestehen nur aus Karbonaten, die in Rissen und Spalten zu finden sind (Taf. 14, Fig. 2).

### 7.7 Flöz 1N

Dieses Flöz wird wie das Flöz 1 durch eine Lage, reich an Bergen und Carbomineriten, in eine Ober- und Unterbank unterteilt (Lage 29). Diese Lage erreicht eine Mächtigkeit von 2,3 cm und ist im Bereich 40,4 - 44,4 cm unter dem Hangenden zu finden. Die Berge bestehen vorwiegend aus Tonmineralen und Quarz. Pyrit und Karbonat sind wenig vorhanden, wobei die Karbonate nur in Rissen anzutreffen sind.

Bei den Carbomineriten handelt es sich um Carbargilit, gefolgt von Carbosilicite. Die Berge und Carbominerite stehen in manchen Partien in Wechsellagerung mit Vitrit, Liptit, Clarit und Trimacerit (Taf. 15, Fig. 1).

In der Unterbank in dem Bereich 43,3 - 44,0 cm unter dem Hangenden ist eine Durain-Lage vorhanden, die exinitreich, aber inertinitarm ist (Lage 31). In dieser Lage findet man die gleichen Vergesellschaftungen wie in der Lage 48 des Flözes 1, vor allem die Partien, die reich an Resiniten sind. Die Lage wird vorwiegend aus Clariten aufgebaut. Die Liptite bestehen aus einer bituminitischen Grundmasse mit Cutiniten, Resiniten, Sporiniten und Liptodetriniten, wobei der Resinit am häufigsten vorliegt. Vereinzelt findet man tonig verunreinigte desmocollinitische Partien.

### 7.8 Flöz 2N

Das Flöz wird wie das Flöz 2 durch eine Lage aus Schiefertone mit Kohlenschmitzen, reich an Bergen und Carbomineriten - z.T. in Wechsellagerung mit Clariten und Trimaceriten - vom Hangenden getrennt (Lage 1). In den Bergen, die hauptsächlich aus Tonmineralen gebildet werden, findet man Pyritkonkretionen sowie Reste der drei Maceralgruppen, wobei Exinite, vor allem Cutinit, in großen Mengen zu beobachten sind. Diese Cutinite bilden Liptite (Taf. 15, Fig. 2).

Im Bereich 3,1 - 8,6 cm unter dem Hangenden befindet sich eine Durain-Lage aus Trimacerit, Clarit und Vitrit. Die Zusammensetzung der Clarite besteht in erster Linie aus Desmocollinit, Resinit und Liptodetrinit. Die Vitrite werden aus Telinit, Telocollinit und Corpocollinit aufgebaut. Die Trimacerite werden aus einer desmocollinitischen, selten bituminitischen, Grundmasse mit Exiniten und Inertiniten gebildet. Von den Inertiniten sind Sklerotinite, Inertodetrinit und etwas Mikrinit zu beobachten. Diese Lage läßt sich zum Teil mit der Lage 2 des Flözes 2 vergleichen und ist arm an Mineralverunreinigungen.

## 8. QUANTITATIVE MIKROSKOPISCHE ANALYSEN DER FLÖZPROFILSKULEN

### 8.1 Allgemeines

Da die qualitative Beschreibung der Flözprofilsäulen weder für einen Vergleich der Flöze untereinander noch für die Beurteilung der technologischen Eigenschaften eines Flözes ausreicht, müssen die qualitativen Beschreibungen noch durch quantitative Analysen ergänzt werden. Möglich sind:

- Analyse nach Maceralen
- Analyse nach Mikrolithotypen
- Inkohlungsgradbestimmung durch Reflexionsmessungen an Vitriniten (Telocolliniten).

Im Gegensatz zu den bekannten chemischen Analysen wie z.B. der Elementaranalyse (s. Kap. 9.4) oder der Kurzanalyse (s. Kap. 9.3) handelt es sich bei den mikroskopischen Analysen um statistische Methoden. Hierfür wurden von der ICCP (Lexikon 1963 und 1. Ergänzung 1971) im Rahmen von international durchgeführten Ringanalysen entsprechende Analysemethoden ausgearbeitet.

Bei den Maceral- bzw. Maceralgruppenanalysen wird lediglich der Anteil der Macerale bzw. Maceralgruppen erfaßt, ohne daß die Vergesellschaftung berücksichtigt wird.

Für die quantitative Analyse einer vollständigen Flözprofilsäule ergibt sich im Gegensatz zu einer Analyse am Körnerschliff die Schwierigkeit, daß die dem Point-Count-Verfahren zugrunde liegende Forderung, daß Punkt- und Linienabstand gleich dem halben größten Korn-durchmesser sein sollen, nicht ohne eine zusätzliche Konvention eingehalten werden kann. Ähnliches gilt für die Analyse nach Mikrolithotypen mit Hilfe der 20-Punkte-Strichplatte nach KÜTTER (1959), es sei denn, daß entlang einer Meßlinie eine Sprungweite von 50  $\mu$  vorgegeben wird. Das bedeutet, daß entlang einer Meßlinie ein 50  $\mu$  breiter Streifen lückenlos analysiert wird. Dieser für eine normale Mikrolithotypen-Analyse ungewöhnlich hohe Arbeitsaufwand (1 cm Flözprofil = 200 Meßpunkte; 1 m Flözprofil = 20 000 Meßpunkte) steht in keiner vernünftigen Relation zum Aussagewert des Analyseergebnisses, da keinerlei Angaben über die prozentuale Beteiligung der Macerale an den bi- bzw. trimaceralischen Mikrolithotypen gemacht werden können. Da jedoch sowohl für genetische Probleme als auch für technologische Fragen die Kenntnis der Maceralzusammensetzung, der Beteiligung der verschiedenen Mikrolithotypen als auch die durchschnittliche Zusammensetzung der Mikrolithotypen nach Maceralen von großem Nutzen ist, wurde bei der Analyse der Flöze der Amaga-Mulde erstmalig die sogenannte "Kombinationsanalyse" nach MACKOWSKY und HEVIA (INTERNATIONALES LEXIKON FOR KOHLENPETROLOGIE 1971) angewandt, bei der alle 3 gewünschten Informationen in einem Analysegang erarbeitet werden können.

Gearbeitet wurde mit der für die Mikrolithotypen-Analyse eingeführten 20-Punkte-Strichplatte nach KÜTTER. Um neben dem Einhalten der 50  $\mu$ -Mindeststreifenbreite und der sogenannten Fünf-Prozent-Klausel auch die Macerale erfassen zu können, wurde an Stelle des bei der Maceralanalyse üblichen Fadenkreuzes ein Fadenschnittpunkt gewählt, mit dessen Hilfe das Maceral oder die Maceralgruppe genau wie bei der Maceralanalyse erfaßt werden können, während der Bereich der 20-Punkte-Strichplatte zur Festlegung der Maceralvergesellschaftung benutzt wird. STACH's Textbook of Coal Petrology zeigt auf S. 260 ein für die "Kombinations-Analyse" an Körnerschliffen aufgestelltes Beispiel für die Maceralgruppe Vitrinit und ihre Vergesellschaftungen. Für die Analyse an einer Stückschliffserie entfallen die Verwachsungskategorien b "observed microlithotypes", c "microlithotype at the border" und h "isolated vitrinite". Tab. 5 gibt eine Übersicht für jeweils ein Maceral aus jeder Maceralgruppe.

Aus dem in Abb. 4 wiedergegebenen Auswerteschema ist zu ersehen, in welcher Weise die

Abb. 4: Auswertschema für die Kombinationsanalyse

Der Meßpunkt liegt im:

			Vitrinit 1	Exinit 2	Inertinit 3	Minerale 4	Vides 5	Total 6
Das Meßfeld liegt im:	Isoliert	a	41	1	24	5	×	71
	Vitrit	b	246	×	×	0	30	276
	Liptit	c	×	2	×	0	0	2
	Inertit	d	×	×	53	0	7	60
	Clarit	e	84	18	×	0	14	116
	Durit	f	×	10	22	0	2	34
	Vitrinertit	g	74	×	45	1	6	126
	Trimacerit	h	85	42	54	1	11	193
	C-Minerit + Berge	i	1	0	1	4	0	6
	am Kornrand	j	80	11	24	1	×	116
	Total	k	611	84	223	12	70	1000

Ergebnisse der Kombinationsanalyse

Maceral- gruppe	Vol.-%	Mikrolitho- typen	Vol.-%	V	E	I	M
Vitrinit Exinit Inertinit Minerale	66 9 24 1	Vitrit	34	100			
		Liptit	< 1		100		
		Inertit	7				100
		Clarit	14	82	18		
		Durit	4		31	69	
		Vitrinertit	16	62		38	
		Trimacerit	24	47	23	30	
		Carbominerit + Berge	1		33		67
			100		100		

Auswertung der Analysen erfolgt. Das Beispiel zeigt die einfachste Auswertung nach Maceralgruppen, Mikrolithotypen, Zusammensetzung der Mikrolithotypen und der Carbominerite für einen Körnerschliff.

## 8.2 Durchführung der Analysen

Bei den Flözprofilanalysen wurde das Flöz nach dem sogenannten "natürlichen System" unterteilt, d.h. es wurden nicht cm- oder 5 cm-Bereiche unabhängig von ihrer Zusammensetzung nach Lithotypen erfaßt, sondern die bei der Aufnahme der makropetrographischen Flöz-schnitte aufgenommenen Lagen von Vitrain, Durain, Clarain usw.. Für jede Lithotypenlage wurde die Zusammensetzung nach Maceralen, Mikrolithotypen und die mittlere Zusammensetzung der Mikrolithotypen ermittelt. Damit wurde es erstmalig möglich, den Streubereich der Zusammensetzung der Lithotypen Vitrain, Clarain und Durain anzugeben und in einem Dreiecks-Koordinatensystem darzustellen. Dies ermöglicht, zumindest für die Flöze der Amaga-Mulde, eine rohstofflich bessere Interpretation des makropetrographischen Flöz-schnittes. Als letztes wurde die durchschnittliche Zusammensetzung der Flöze nach Maceralen, Maceralgruppen und Mikrolithotypen ermittelt (s. Tab. 14).

## 8.3 Verwendete Geräte

Gearbeitet wurde mit einem Auflichtmikroskop der Firma Leitz mit einem 8 mm Ölimmersions-Objektiv (25 x Eigenvergrößerung) und einem 10 x Großfeldokular (Gesamtvergrößerung 250 x). Als Immersionsflüssigkeit wurde Glycerin p.A. verwendet. Glycerin hat mit  $n = 1,473$  einen etwas niedrigeren Brechungsindex als das handelsübliche Immersionsöl ( $n = 1,518$ ). Durch die niedrigere Brechzahl wird der Kontrast zwischen den einzelnen Maceralen nur unwesentlich vermindert, doch bleibt der Quarz noch erkennbar, was bei Verwendung von Immersionsöl wegen der Brechzahlgleichheit zwischen Öl und Quarz nicht der Fall ist.

Anstelle des bei Körnerschliffanalysen verwendeten automatischen Point-counters wurden die Verwachsungskategorien für die Kombinationsanalyse mit einem mechanischen Point-counter gezählt. Der Transport des Schliffes erfolgte mit einem Integrationstisch mit großem Transportschlitten.

## 8.4 Auswertung und Ergebnisse der Kombinationsanalysen

Für die Auswertung wurde von jedem der vorher gekennzeichneten Bereiche der Lithotypenlagen die Zusammensetzung nach Maceralen, Maceralgruppen und Mikrolithotypen in Volumenprozent berechnet. Diese Ergebnisse werden für die untersuchten Flöze in den Anlagen 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 und 11 dargestellt.

In den Tab. 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 und 13 ist die Zusammensetzung nach Mikrolithotypen der Vitrain-, Clarain- und Durain-Lagen in Vol.Prozent angegeben, wobei gleichzeitig die Maceralgruppenzusammensetzung der Clarite, Vitrinertite, Durite und Trimacerite errechnet wurde. Für diese Untersuchungen wurden insgesamt 484 Lithotypenlagen untersucht, unterteilt in 75 Vitrain-, 200 Clarain- und 209 Durain-Lagen.

Aus der Tabelle ist zu ersehen, daß erwartungsgemäß die verschiedenen Lithotypen Unterschiede in der Zusammensetzung nach Mikrolithotypen aufweisen. Dies gilt besonders für den Vitrit-Anteil, während die Vitrain-Lagen sehr reich an Vitriten sind, ist ihr Anteil in den Durain-Lagen sehr niedrig. Clarite und Trimacerite sind in Durain-Lagen am häufigsten.

Eine Zusammenstellung der Maceralgruppenzusammensetzung der Clarain- und Durain-Lagen aller Flöze sowie die Maceralgruppenzusammensetzung der Trimacerite aller Vitrain-, Clarain- und Durain-Lagen ist im Dreieckskoordinatensystem (Abb. 5, 6, 7) dargestellt. Die Abbildungen zeigen kleine Unterschiede in der Maceralgruppenzusammensetzung der Clarain- und Durain-Lagen. Bei der Maceralzusammensetzung der Trimacerite in den Clarain- und Durain-Lagen (Abb. 8, 9) ist eine große Streuung der Werte zu beobachten. Doch sind die Streubereiche der Trimacerite in den beiden Lithotypen annähernd gleich.

Um den Mittelwert in Volumenprozenten der Mikrolithotypen, Macerale und Maceralgruppen der Vitrain-, Clarain- und Durain-Lagen der Flöze zu ermitteln, wurde das gewogene arithmetische Mittel errechnet. Dabei wurden die Mächtigkeiten der verschiedenen Lagen berücksichtigt.

Gerechnet wurde mit der Formel:

$$\bar{x} = \frac{p_1 m_1 + p_2 m_2 + \dots + p_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}, \quad \text{wobei}$$

$\bar{x}$  = gewogenes arithmetisches Mittel,

$p$  = Prozentanteile der Mikrolithotypen, Maceralgruppen oder Macerale,

$m$  = Zugehörige Mächtigkeit der Vitrain-, Clarain- und Durain-Lagen

bedeuten.

Um die Streuung unter Berücksichtigung der Mächtigkeiten der Lagen zu ermitteln, wurde folgende Formel angewendet:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{x})^2 m_i}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}}, \quad \text{wobei}$$

$S$  = Streuung,

$P_i$  = Prozentanteile,

$m_i$  = Mächtigkeit

$\bar{x}$  = Gewogenes arithmetisches Mittel

bedeuten.

Die Mittelwerte und die doppelte Standardabweichung der Vitrain-, Clarain- und Durain-Lagen ergaben folgende Ergebnisse:

<u>Vitrain-Lagen</u>	Mittelwert	2 S
Vitrinit	97,7 Vol.-%	2,0
Exinit	1,6 Vol.-%	3,5
Inertinit	0,7 Vol.-%	1,0
<u>Clarain-Lagen</u>	Mittelwert	2 S
Vitrinit	79,6 Vol.-%	6,9
Exinit	17,9 Vol.-%	7,5
Inertinit	3,5 Vol.-%	1,8
<u>Durain-Lagen</u>	Mittelwert	2 S
Vitrinit	68,5 Vol.-%	11,0
Exinit	27,3 Vol.-%	10,7
Inertinit	4,2 Vol.-%	2,1

## 8.5 Inkohlungsgradbestimmungen an den Flözprofilsäulen durch Reflexionsmessungen an Vitriniten (Telocolliniten)

### 8.5.1 Allgemeines

Die Reflexionsmessungen werden an strukturlosen Vitriniten, am besten an reinen Telocolliniten, durchgeführt, um den Inkohlungsgrad (Rang) einer Kohle unabhängig von der Maceralzusammensetzung und dem Mineralgehalt zu bestimmen. Der Inkohlungsgrad ist die wichtigste Eigenschaft einer Kohle, die - in Verbindung mit der Maceral- und Mikrolithotypenzusammensetzung - die Beurteilung einer Kohle hinsichtlich ihrer technologischen Verwendbarkeit ermöglicht (KÜTTER 1960).

Das Reflexionsvermögen des Vitriniten kann sowohl an Stückschliffen als auch an Körnerschliffen bestimmt werden. Ebenso kann das Reflexionsvermögen feindisperser kohligter Substanzen in anorganischen Sedimenten, wie z.B. Schieferthon gemessen werden (TEICHMÖLLER 1962).

Das Reflexionsvermögen des Vitriniten wird nicht direkt gemessen, weil es schwierig ist, die Intensität des auf das Objekt fallenden Lichtstrahlenbündels genau zu bestimmen. Es wird deshalb durch den Vergleich mit einer Substanz bekannter Reflexion (Eichsubstanz) ermittelt.

Bei diesen Untersuchungen kann die mittlere Reflexion und bei einfach polarisiertem Licht die Bireflexion durch Bestimmung des maximalen ( $R_{max}$ ) und minimalen ( $R_{min}$ ) Reflexionsvermögens gemessen werden. Die Differenz  $R_{max} - R_{min}$  ist ein Maß für die Bireflexion. Die Bireflexion ist in gering inkohlten Kohlen sehr klein. Bei isotropen Substanzen ist das mittlere, das maximale und das minimale Reflexionsvermögen gleich hoch. Die Bestimmung des minimalen Reflexionsvermögens ist nur an senkrecht zur Sedimentationsschichtung geschnittenen Stückschliffen sinnvoll, da wegen des optisch negativen Charakters des Vitriniten die minimale Reflexion abhängig von der Schnitttrichtung ist.

Ober Eichkurven kann mit Hilfe des Reflexionsvermögens der mittlere Gehalt an flüchtigen Bestandteilen oder der mittlere C-Gehalt des Vitriniten angegeben werden (KÜTTER 1960). Diese Werte weichen besonders im Bereich der gering inkohlten Kohlen z.T. sehr stark von dem direkt bestimmten mittleren Gehalt an flüchtigen Bestandteilen der Gesamtkohle ab. Dies ist darin begründet, daß - wie Tab. 15 zeigt - große Unterschiede im Gehalt an flüchtigen Bestandteilen zwischen Vitriniten, Exiniten und Inertiniten vorliegen, die allerdings mit steigendem Inkohlungsgrad kleiner werden.

Das Reflexionsvermögen kann mit Trockenobjektiven, Wasser- und Ölimmersionsobjektiven gemessen werden. Die besten Meßwerte werden dann erzielt, wenn das auf den Schliff auffallende Licht in einem parallelen Bündel senkrecht auffällt. Diese Bedingung wird dann erfüllt, wenn der Brechungsindex des Glases der Frontlinse des Objektivs und der Brechungsindex des Immersionsöls gleich sind. Das Reflexionsvermögen des Vitriniten kann subjektiv oder objektiv gemessen werden. Die subjektive Messung erfolgt nach dem Zweistrahlverfahren durch Helligkeitsvergleich zwischen dem von der Kohlenoberfläche reflektierten Licht und einem Vergleichsstrahl, dessen Helligkeit definiert variabel ist. Die objektive Messung erfolgt nach dem Einstrahlverfahren mit Photomultiplier.

Die Reflexionsmessungen in dieser Arbeit wurden objektiv durchgeführt. Die verwendete Apparatur bestand aus einem binokularen Auflichtmikroskop (Ortholux II) der Firma Leitz, einem EMI-Photomultiplier vom Typ 6094 A, einem stromstabilisierten Netzgerät zur Konstanthaltung der Mikroskopbeleuchtung, einem spannungstabilisierten Netzgerät für den Multiplier und einem Potentiometerschreiber (Servogor).

Das Mikroskop hat ein Okular-Paar (10-fach) für den Binokulartubus, davon ein Okular

mit verschiebbarer Augenlinse für die Fadenkreuzstrichplatte und mit einem weiteren Okular (10-fach) mit verschiebbarer Augenlinse für den monokularen Stutzen des Tubus.

Gearbeitet wurde mit Ölimmersionsobjektiven mit 25-facher bzw. 40- bis 50-facher Eigenvergrößerung. Die parasitären Reflexe des optischen Systems lagen 0,02 % R. Als Immersionsflüssigkeit wurde Immersionsöl mit  $n_D = 1,518$  verwendet.

Wegen der Verwachsung des Vitrinits mit den anderen Maceralen ist es erforderlich, den Bereich, an dem die Reflexion gemessen wird, klein zu halten (10  $\mu$ ). Hierzu wird in das Okular im Binokulartubus eine Lochblende eingelegt.

Um unabhängig sowohl von den Schwankungen der spektralen Zusammensetzung des auffallenden Lichts als auch von der Dispersion der Reflexion zu sein, muß in streng monochromatischem Licht gearbeitet werden. Um dieser Forderung zu genügen, wird ebenfalls in das Okular des monokularen Tubus ein Doppelpräzisionsbandfilter eingelegt. Gearbeitet wird aufgrund einer internationalen Obereinkunft bei 546 nm. Der Photomultiplier muß Langzeitkonstanz, geringen Dunkelstrom und eine Linearität der Anzeige aufweisen. Die letztgenannte kann mit Hilfe von Graufiltern kontrolliert werden.

Zur Messung der reflektierten Intensität wurde ein automatisch registrierender Potentiometerschreiber vom Typ Servogor benutzt. Als Eichsubstanz für die Inkohlungsgradbestimmungen wurde ein Leukosaphier verwendet:

Leukosaphier  $n_{546 \text{ nm}} = 1,772$   
 $R_{546 \text{ nm}} = 0,598$  (errechnet).

#### 8.5.2 Prüfung der Meßeinrichtung

##### *Kontrolle des Immersionsöls*

Das Immersionsöl muß eine konstante Brechzahl haben. Abweichungen von mehr als  $\pm 0,001$  wirken sich bereits auf das Untersuchungsergebnis aus, Veränderung der Brechzahl kann durch Temperaturschwankungen oder Veränderung in der Zusammensetzung des Öles hervorgerufen werden. Temperaturschwankungen von  $\pm 2,5^{\circ} \text{C}$  verändern die Brechzahl des Öls um etwa 0,001 bis 0,002. Deshalb ist ein Arbeiten bei möglichst konstanter Temperatur zu empfehlen. Die Kontrolluntersuchungen wurden mit einem Abbé Refraktometer durchgeführt.

##### *Konstanz und Linearität der Anzeige*

Das Reflexionsvermögen der Vitrinite nimmt mit steigendem Inkohlungsgrad von etwa 0,5 auf 7 bis 8 % zu. Deshalb muß darauf geachtet werden, daß zwischen der reflektierten Lichtintensität und dem gemessenen Photostrom eine strenge Linearität besteht. Die Linearität kann entweder durch Messen des Reflexionsvermögens von mindestens 3 Eichsubstanzen deutlich unterschiedlicher Reflexion oder mit Hilfe von Graufiltern, die eine definierte Schwächung der Intensität des reflektierten Lichtes ermöglichen, geprüft werden. Wegen des Fehlens geeigneter Eichsubstanzen wurde die Linearität der Anzeiger mit Graufilter geprüft.

##### *Nullpunkt-Korrektur und Bestimmung der parasitären Reflexe*

Die bei den Reflexionsmessungen verwendeten Objektive haben trotz Vergütung einen kleinen Anteil an parasitären Reflexen, wodurch die Meßergebnisse verfälscht werden. Es ist deshalb erforderlich, für jedes zur Messung verwendete Objektiv die Intensität des Photostromes der parasitären Reflexe zu ermitteln und den Nullpunkt in entsprechender Weise zu berichtigen. Die Intensität des Photostromes der sorgfältig planparallel auf einen Objektträger aufgepreßten Eichsubstanz wurde durch Erhöhung der Empfindlichkeit des Registriergerätes auf 100 Skalenteile eingestellt. Dieser Ausschlag von 100 Skalenteilen ist die

Summe aus der Intensität der Eichsubstanz ( $I_E$ ) und der durch die parasitären Reflexe bedingten Intensität ( $I_p$ ).

$$I_E + I_p = 100$$

Nach der Entfernung der Eichsubstanz wird eine völlig absorbierende Substanz unter das Objektiv gelegt und erneut der Ausschlag des Registriergerätes in Skalenteilen gemessen. Als völlig absorbierende Substanz wurde ein Staubkohlenanschliff benutzt, der in der Mitte der Oberfläche angebohrt wurde (Durchmesser und Tiefe der Bohrung ca. 2 mm, Körnung der Kohle 0,06 mm).

Die durch die parasitären Reflexe bewirkte Intensität des Photostromes wurde zu der Intensität des Photostromes der Eichsubstanz in Beziehung gesetzt. Unter Verwendung der nachstehenden Formel konnte der Reflexionswert der parasitären Reflexe ermittelt werden, um den der Nullpunkt der Apparatur korrigiert werden muß:

$$R_p = \frac{I_p}{100 - I_p} \cdot R_E, \quad \text{wobei}$$

$R_p$  = Reflexionswert der parasitären Reflexe in % R,

$R_E$  = Reflexionswert der Eichsubstanz in % R,

$I_p$  = Intensität der parasitären Reflexe in Skalenteilen.

Die Korrektur für den Nullpunkt der Apparatur beträgt  $- R_p$ .

### 8.5.3 Durchführung der Messungen

Der auf Hochglanz polierte Körner- oder Stückschliff wird im Schlitten des gerasterten Kreuztisches auf dem Objektisch des Mikroskopes eingespannt. Dann kann mit dem Messen an einer Schliffecke bzw. in einer Vitrinite-Lage im Stückschliff begonnen werden. Das Reflexionsvermögen der Vitrinite einer Flözprobe streut mehr oder weniger stark um einen Mittelwert, so daß zur Ermittlung der mittleren Reflexion mindestens 100 Messungen an Vitriniten in verschiedenen Körnern bei Körnerschliffen oder in verschiedenen Stellen bei Stückschliffen vorgenommen werden müssen. In Körnerschliffen sind die Abstände der Meßpunkte auf einer Meßlinie und der Abstand zweier Meßlinien so zu wählen, daß die geforderten 100 Einzelmessungen gleichmäßig über die gesamte Schlifffläche verteilt sind.

Bei Inkohlungsgradbestimmungen an Stückschliffen einer Flözprofilsäule sollen die Meßpunkte an Vitriniten über die ganze Flözmächtigkeit verteilt werden, wobei die Anzahl der Meßpunkte je Schliff von der Anzahl der Vitrain-Lagen abhängt. Da in jeder Vitrain-Lage wenn möglich 10 bis 20 Messungen durchgeführt werden sollen, können bei Flözen mit einer großen Anzahl von Vitrain-Lagen viel mehr als 100 Reflexionsmessungen erforderlich werden, um zu einem repräsentativen Durchschnittswert zu gelangen.

Vor der Messung der maximalen Reflexion wird anstelle des Wärmeschutzfilters im Opak-Illuminator ein Nicolsches Polarisationsprisma oder eine Polarisationsfolie in  $45^\circ$ -Stellung aufgesteckt. Anschließend ist die Zentrierung des Objektivs zu kontrollieren. Bei jeder Einzelmessung wurde der Objektisch langsam um  $360^\circ$  gedreht und der maximale Ausschlag als Meßpunkt registriert.

Für die Inkohlungsgradbestimmungen an den Flözprofilsäulen wurden 100 bis 120 Messungen an Vitriniten über die ganze Flözmächtigkeit durchgeführt. Dazu wurden aus jedem Flöz Stückschliffe mit Vitrain-Lagen ausgesucht. Wegen der geringen Anteile an reinen Telocolliniten konnten an den meisten Stücken nur 20 Messungen durchgeführt werden. Der Mittelwert aus den über die ganze Flözmächtigkeit bestimmten Werten ist jedoch repräsentativ für das jeweilige Flöz.

#### 8.5.4 Auswertung und Angabe der Ergebnisse der Inkohlungsgradbestimmungen an den Flözprofilssäulen

Das Reflexionsvermögen des Vitrinites wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$R_X = R_E \frac{A_X}{A_E}, \quad \text{wobei}$$

$R_X$  = Reflexionsvermögen des Vitrinites in % R,

$R_E$  = Reflexionsvermögen der Eichsubstanz in % R,

$A_X$  = Ausschlag des Kompensationsschreibers bei den Vitrinitmessungen in Skalenteilen,

$A_E$  = Ausschlag bei der Messung der Eichsubstanz in Skalenteilen.

Die 100 oder mehr Einzelwerte, die für eine Inkohlungsgradbestimmung erforderlich sind, werden zunächst in Klassen mit einer Klassenbreite von 0,05 % bzw. 0,10 % Reflexion zusammengefaßt, d.h. alle Werte zwischen z.B. 0,500 und 0,549 (1/2  $V_5$ ) oder 0,550 und 0,599 (1/2  $V_{5,5}$ ) bzw. 4,10 und 4,19 ( $V_{41}$ ). Diese Klassen werden als halbe V-Stufen bzw. V-Stufen bezeichnet. Die V-Stufen werden nach dem zehnfachen Wert ihrer unteren Klassengrenze benannt.

Die Meßergebnisse einer Flözprobe werden in Vol.-% auf ganze Zahlen gerundet und als Häufigkeitsverteilung angegeben (Tab. 16). Zur zeichnerischen Darstellung können die Häufigkeitsdichtewerte in Reflektrogramme (Säulendarstellung) eingetragen werden (Abb. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 und 17). Außer dem Mittelwert der Reflexion ( $R_m$  bzw.  $R_{max}$ ) muß auch noch der Streubereich der Reflexion berechnet werden. Die doppelte Standardabweichung  $2 S$  ist ein Maß für den Bereich, in dem etwa 95 % der gemessenen Vitrinitreflexionswerte einer Flözkohle liegen. Sie wird wie folgt berechnet:

$$2 S = 2 \sqrt{\frac{n}{100 (n - 1)} \left[ \sum (R_i^2 \cdot X_i) - 100 \bar{R}^2 \right]}$$

Darin bedeuten:

$n$  = Zahl der Einzelwerte,

$R_i$  = Mittelwert der mittleren bzw. maximalen Reflexion der 1/2 V-Stufen,

$X_i$  = Relative Häufigkeit der Meßwerte in 1/2 V-Stufen in %,

$\bar{R}$  = Mittelwert der mittleren bzw. maximalen Reflexion sämtlicher Meßpunkte in %.

Aus der Tabelle ist zu ersehen, daß der Inkohlungsgrad der Flöze der Amaga-Mulde der Antioquia-Formation an der Grenze Braunkohle-Steinkohle liegen. Untersuchungen einer Arbeitsgruppe der ICCP haben zu dem Ergebnis geführt, daß die Grenzreflexion zwischen Braunkohle einerseits und Steinkohle andererseits bei etwa 0,55 % R liegt. Dieser Wert wird zur Zeit überprüft.

## 9. UNTERSUCHUNGEN AN FLÜZSCHLITZPROBEN DER ANTIOQUIA-FORMATION

Es wurden 41 Schlitzproben untersucht, von denen 16 Proben zu der Amaga-Mulde (Proben 3 - 18) und 25 Proben zu der Titiribi-Bolombolo-Senke (Proben 1, 2 und 19 - 41) gehören.

Die Schlitzproben wurden bei den Dichtestufen 1,5 und 1,9 abgeschwommen und die Ergebnisse in der Tabelle 17 aufgeführt. Für die Körnerschliffe der Proben 1 - 40 wurde die Fraktion kleiner als 1,5 für weitere Untersuchungen benötigt. Von der Probe 41, einem Anthrazit, wurde die Fraktion  $> 1,5$  verwendet, da die Dichtestufe 1,5 weniger als 1 % anfiel.

An den Schlitzproben wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- a) Inkohlungsgradbestimmungen an Vitriniten
- b) Maceral- und Maceralgruppenanalyse
- c) Kurzanalyse
- d) Elementaranalyse
- e) Veränderung der Macerale bei steigendem Inkohlungsgrad
- f) Untersuchungen der mineralischen Verunreinigungen.

Die Proben der Amaga-Mulde und die der Titiribi-Bolombolo-Senke werden getrennt behandelt.

Obwohl beide Schlitzproben-Serien zu der Antioquia-Formation gehören, wurden die Flöze der Amaga-Mulde nur durch tektonische Bewegungen beeinflusst und dabei ihre Inkohlung nur in geringerem Maße verändert (TEICHMÖLLER, M. & TEICHMÖLLER, R. 1966). Die Flöze der Titiribi-Bolombolo-Senke wurden dagegen nicht nur tektonisch beeinflusst, sondern außerdem thermisch auf Grund vulkanischer Extrusionen verändert, wodurch ihre Inkohlung z.T. stark verändert wurde (DAMBERGER 1968; KARWEIL 1965; TEICHMÖLLER, M. 1962).

### 9.1 Inkohlungsgradbestimmungen der Schlitzproben durch Reflexionsmessungen an Vitriniten

Die Inkohlungsgradbestimmungen der Schlitzproben erfolgten nach der schon beschriebenen Methode (s. Kap. 8.5). Die Ergebnisse sind in der Tab. 18 angegeben.

Die Tabelle zeigt, daß der Inkohlungsgrad der Schlitzproben der Amaga-Mulde nur wenig schwankt. Es handelt sich um Kohlen aus dem Grenzbereich Glanzbraunkohle-Steinkohle. Demgegenüber schwankt der Inkohlungsgrad der Schlitzproben der Titiribi-Bolombolo-Senke erheblich. Hier wurden Glanzbraunkohlen, Flammkohlen, Gasflammkohlen, Gaskohlen, Fettkohlen, Eßkohlen, Magerkohlen, Anthrazite und Meta-Anthrazit ermittelt.

Die Inkohlungsgradbestimmungen zeigen, daß sich die beiden Kohlengebiete deutlich voneinander unterscheiden und somit auch in ihren technologischen Eigenschaften voneinander abweichen müssen (MACKOWSKY 1978).

### 9.2 Maceral- und Maceralgruppenanalysen der Schlitzproben

Für die Maceral- und Maceralgruppenanalysen wurde ein Auflichtmikroskop mit Immersionsobjektiv und einem automatischen Point-Counter benutzt. Bei den Maceral-Analysen wurden folgende Macerale unterschieden:

Telinit, Collinit, Vitrodetrinit; Cutinit, Sporinit, Resinit, Suberinit, Bituminit, Liptodetrinit; Sklerotinit, Semifusinit, Mikrinit und Inertodetrinit. Dazu wurde als 14. Komponente der Mineralanteil mitgezählt.

Die Tab. 19a zeigt, daß die Zusammensetzung der Schlitzproben der Flöze aus der Amaga-Mulde (Proben-Nr. 3 - 18) - wenn von den Proben 8, 15, 16, 17 und 18 abgesehen wird, die verschiedene Telinit- und Collinit-Anteile aufweisen - nur in geringen Grenzen schwanken. Die Flöze sind reich an Vitrinit - überwiegend Collinit - und arm an Inertinit.

Um einen Vergleich zwischen den Schlitzproben der Flöze Capotera 1, 2, 3, 4, 5, 1N und 2N (Proben 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 und 11) und der durchschnittlichen Maceralzusammensetzung der Flözprofilsäulen durchführen zu können, wurden die Werte der Maceral- und Maceralgruppenzusammensetzung der Flözprofilsäulen ebenfalls in Tab. 19b aufgeführt. Der Vergleich zeigt, daß die Schlitzproben mehr Vitrinit aufweisen, während in den Flözprofilsäulen etwas mehr Exinit und Inertinit gefunden wurde. Dies ist darauf zurückzuführen, daß bei den Schlitzproben die Maceralanalysen am Gut leichter als  $s = 1,5$  durchgeführt werden.

In den Schlitzproben der Titiribi-Bolombolo-Senke (Proben 1 - 2 und 19 - 41) (Tab. 20)

besitzen die Flöze, die in bezug auf den Inkohlungsgrad (Flammkohle) denen der Amaga-Mulde ähneln, auch fast identische Maceralzusammensetzung. Mit steigendem Inkohlungsgrad (Probe 21, 22, 25, 39 und 41) werden die Abweichungen in der Maceral- und Maceralgruppenzusammensetzung größer, welche - wie die Abb. 19 zeigt - durch die Angleichung des Reflexionsvermögens der Macerale bei steigendem Inkohlungsgrad zu erklären ist.

Im allgemeinen sind die Flöze der Antioquia-Formation reich an Vitrinit und sehr arm an Inertinit.

### 9.3 Kurzanalyse der Schlitzproben

Die Kurzanalyse wurde nach den Richtlinien des Steinkohlenbergbaus durchgeführt. Dabei wurden die Proben auf eine Korngröße  $< 0,2$  mm aufgemahlen.

Für die Kurzanalysen sind drei Analysen erforderlich:

- a) Wassergehalt
- b) Aschegehalt
- c) Gas = Flüchtige Bestandteile plus Wasser und Tiegelkoksausbeute.

Zur Bestimmung des Wassergehaltes werden 5 g Probenmaterial 2 Stunden bei  $105^{\circ}$  C in einem Trockenschrank getrocknet. Der dadurch ermittelte Gewichtsverlust entspricht dem Wassergehalt.

Zur Bestimmung des Aschegehaltes wird 1 g Probenmaterial in einem Muffelofen bei  $815^{\circ}$  C bis zur Gewichtskonstanz verascht. Das Gewicht des Rückstandes ergibt den Aschegehalt (Asche roh).

Um das Gas (Flüchtige Bestandteile plus Wasser) zu ermitteln, wird 1 g Probenmaterial in einem Quarztiegel 7 Minuten bei  $900^{\circ}$  C verkocht. Der dadurch ermittelte Gewichtsverlust entspricht dem Gasgehalt. Als Rückstand bleibt der Tiegelkoks (Koks roh). Aus dem Gas erhält man durch Subtraktion des getrennt bestimmten Wassergehaltes den Wert für die Flüchtigen Bestandteile (Fl. Best. roh).

Der Aschegehalt, bezogen auf wasserfreie Substanz, ergibt sich aus der Formel:

$$\text{Asche (wf)} = 100 \frac{\text{Asche (roh)}}{100 - \text{Wasser}}$$

Der Gehalt an Flüchtigen Bestandteilen wf ergibt sich aus der Formel:

$$\text{Fl. Best. (wf)} = 100 \frac{\text{Fl. Best. (roh)}}{100 - \text{Wasser}}$$

Der Gehalt an Flüchtigen Bestandteilen, bezogen auf wasser- und aschefreie Substanz, wird aus der Umrechnung der Fl. Best. (wf) ermittelt:

$$\text{Fl. Best. (waf)} = 100 \frac{\text{Fl. Best. (wf)}}{100 - \text{Asche (wf)}}$$

In der Tab. 21 sind die Ergebnisse der Kurzanalysen von den Schlitzproben aus der Amaga-Mulde und auch die der Titiribi-Bolombolo-Senke dargestellt. Der Gehalt an Flüchtigen Bestandteilen (waf) kann bei aschearmen, vitrinitreichen Kohlen als Inkohlungsmaßstab dienen, da der Einfluß der beiden anderen Maceralgruppen und der Minerale gering ist (PATTEISKY, K. & TEICHMOLLER, M. 1960). Aus den Reflexionswerten kann über Eichkurven der mittlere Gehalt an Flüchtigen Bestandteilen der Vitrinite (Fl. Best.<sub>RV</sub>) ermittelt werden (Abb. 18).

In der Tab. 21 sind in den Spalten 4 und 5 die Werte für den mittleren Gehalt an Flüchtigen Bestandteilen (waf) den über die Reflexionsmessung ermittelten Werten für die Flüchtigen Bestandteile des Vitrinit (FB<sub>RV</sub>) gegenübergestellt. Der Vergleich der Werte zeigt, daß der mittlere Gehalt an Flüchtigen Bestandteilen (waf) stets höher liegt als der Gehalt an Flüchtigen Bestandteilen, der aus dem Reflexionsvermögen abgeleitet wurde. Dies hat zwei

Gründe:

- a) ist der Gehalt an Flüchtigen Bestandteilen des Exinitis zumindest bei Kohlen mit mehr als etwa 20 % Flüchtigen Bestandteilen höher als der des Vitrinitis (s. Abb. 19);
- b) wird die Reflexion nur an reinen Telocolliniten bestimmt, die stets etwas stärker reflektieren als die Desmocollinite.

Der Einfluß des Aschegehaltes ist bei Werten  $< 5\%$  gering, es sei denn, daß die Mineralsubstanz der Kohle vorwiegend aus Karbonatspäten oder Pyrit besteht.

Die Kurzanalysen wie auch die Inkohlungsgradbestimmungen zeigen, daß die Flöze der Antioquia-Formation nur in wenigen Fällen höhere Inkohlungsgrade erreicht haben. Gaskohle, Fettkohle und höher inkohlte Kohlen sind selten und nur in der unmittelbaren Nähe der vulkanischen Extrusionen zu finden.

#### 9.4 Elementaranalyse der Schlitzproben

Bei dieser Analyse wurden nur 23 Schlitzproben untersucht; 8 aus der Amaga-Mulde (Proben Nr. 4 - 11) und 15 aus der Titiribi-Bolombolo-Senke (Proben Nr. 19 - 26, 28, 30, 31, 38, 39, 40 und 41).

Es wurde der Kohlenstoffgehalt (C), der Wasserstoffgehalt (H), der Stickstoffgehalt (N) und der Sauerstoffgehalt (O) bestimmt. Ebenso wurden Chlor (Cl), Gesamtschwefel (Ges.S), Pyritschwefel (Pyr.-S), Sulfatschwefel (Sulf.-S) ermittelt. Der in der Kohle organisch gebundene Schwefel (org.-S) ergibt sich aus der Differenz von Gesamtschwefel und Pyritschwefel plus Sulfatschwefel.

In der Tab. 22 sind die Ergebnisse der Elementaranalysen der Schlitzproben der Amaga-Mulde und der Titiribi-Bolombolo-Senke aufgeführt.

Hieraus ist zu ersehen, daß die Schlitzproben der Amaga-Mulde keine großen Abweichungen in der Elementarzusammensetzung zeigen. Die Zusammensetzung in den Schlitzproben der Titiribi-Bolombolo-Senke schwankt dagegen stark. Außer den schon bekannten Tatsachen, daß bei steigendem Inkohlungsgrad der C-Gehalt zunimmt, wobei gleichzeitig der O- und H-Gehalt abnehmen, sind in den Proben (Proben 19, 22, 23 und 24) außergewöhnlich hohe Werte für den Gehalt an organisch gebundenem Schwefel festgestellt worden. Sehr hoch ist auch der Sauerstoffgehalt mit 10,7 % in der Probe 39. Dieser hohe Sauerstoffgehalt ist auf eine Oxydation der Kohle zurückzuführen (JACOB 1964, 1977), die auch bei den mikroskopischen Untersuchungen der Probe nachgewiesen wurde (vgl. Taf. 20, Fig. 1).

Um zu prüfen, ob die Elementarzusammensetzung der untersuchten Kohlen als "normal" zu bezeichnen ist oder ob es sich um besonders wasserstoff- oder auch sauerstoffreiche Kohlen handelt, wurde das atomare H/C : O/C-Verhältnis berechnet (Tab. 23) und die Werte in das von VAN KREVELEN (1961) vorgeschlagene H/C : O/C-Diagramm eingetragen (Abb. 20). Die Beschränkung dieser Auswertung auf die 3 Elemente C, H und O erfolgte unter Berücksichtigung der Tatsache, daß sowohl die Zuordnung des Stickstoffes als auch die Zuordnung des organischen Schwefels Schwierigkeiten bereitet, da beide Elemente sowohl in heterocyclischer Bindung im aromatischen Kern des "Kohlemoleküls" als auch in den die Kerne vernetzenden Seitenketten vorkommen können. Aus der Abb. 20 geht hervor, daß das H/C : O/C der meisten Proben im Bereich zwischen der Vitrinit-Linie und der Exinitlinie liegen, was verständlich ist, da alle Kohlen reich an Vitrinit (mit viel Desmocollinit) und Exinit sind und nur wenig Inertinit enthalten, der sauerstoffreicher ist. Eine Ausnahme bilden die Proben 31, 39 und 41, deren H/C : O/C Verhältnis deutlich in den sauerstoffreichen Bereich verschoben ist. Dies ist bei Probe 31 auf einen deutlich niedrigeren H-Gehalt zurückzuführen, der petrographisch dadurch erklärt werden kann, daß die Probe 31 wenig Exinit (10 %) enthält.

Bei den Proben 39 und 41 ist die Ursache in einer Oxydation zu suchen, die auch bei der

mikroskopischen Untersuchung festgestellt wurde (Taf. 20, Fig. 1) (JAKOB 1964, 1977).

Besonderheiten über die Flözgenese lassen sich aus dem H/C : O/C-Verhältnis nicht ableiten. In Obereinstimmung mit den Ergebnissen der mikroskopischen Analysen sind alle Flöze - wie die geringen Anteile an Inertinit veranschaulichen - relativ naß unter frühzeitig anaeroben Bedingungen entstanden. (MACKOWSKY 1955; JAKOB 1961; ROSELT 1978; TASCH 1957).

#### 9.5 Veränderung der Macerale bei steigendem Inkohlungsgrad

Um die Veränderung der Macerale bei steigendem Inkohlungsgrad zu untersuchen, wurden die Körnerschliffe der Flözkohle aus der Titiribi-Bolombolo-Senke benutzt. Untersucht wurden nur die Proben, die verschiedene Inkohlungsgrade aufweisen. Proben mit gleichem oder fast gleichem Inkohlungsgrad - wie die der Amaga-Mulde - wurden nicht für die Untersuchungen herangezogen. Eine Ausnahme bildete die Probe 37, die auf Grund ihres niedrigen Inkohlungsgrades als Maßstab für die Maceralvergleiche genommen wurde.

Es wurden folgende Schlitzproben untersucht und verglichen:

Probe	Kohlenart	Rm %	Rmax %	Fl. Best. RV %
37	Glanzbraunkohle	0,51		45,0
40	Flammkohle	0,56		43,5
28	Gasflammkohle	0,66		40,2
26	Gasflammkohle	0,76		37,5
24	Gasflammkohle	0,80	0,84	35,0
23	Gas-/Fettkohle	1,12	1,15	28,5
25	untere Fettkohle	1,44	1,50	19,5
22	EBkohle	1,61	1,68	16,3
21	Magerkohle	1,90	2,09	12,0
39	Anthrazit		3,89	9,1
41	Meta-Anthrazit		6,07	4,1

In der Probe 37 sind ähnliche Macerale wie in der Amaga-Mulde zu finden; mit den gleichen morphographischen Eigenschaften.

Typisch in der Probe sind die dunkelgrauen Desmocollinite (Taf. 16, Fig. 1). Die Telinite zeigen eine graue Färbung. Die Exinite sind sehr dunkel.

In der Probe 40 (Flammkohle) beobachtet man leichte Veränderungen der Vitrinite. Hier sind vorwiegend graue und hellgraue Desmocollinite vorhanden. Die Mikrosporen der dunkelgrauen Desmocollinite, im Anschliff deutlich als dunkle Stellen erkennbar, sind in den grauen Desmocolliniten der Probe 40 selten und in den hellgrauen Desmocolliniten nicht mehr vorhanden (Taf. 16, Fig. 2). In den Proben erscheinen Telinit und Suberinit etwas heller als in der Probe 37. Bei den anderen Exiniten ist kein Unterschied zu beobachten.

In der Probe 28 (Gasflammkohle) sind Telocollinite und Telinite kaum zu unterscheiden (Taf. 17, Fig. 1). Der Bituminit ist in dieser Probe etwas heller als in der Probe 40. Bei den anderen Maceralen sind keine Veränderungen zu beobachten.

In der Probe 26 (Gasflammkohle) erscheinen die Cutinite, Sporinite, Suberinite und Resinite heller als in der Probe 28. Telinit und Desmocollinit beginnen, sich in der Reflexion anzugleichen (Taf. 17, Fig. 2). In der Probe 24 (Gasflammkohle) ist kein Bituminit mehr vorhanden. Die anderen Macerale zeigen nur leichte Veränderung (hellere Tönung) gegenüber den Maceralen in der Probe 26.

In der Probe 23 (Gas-/Fettkohle) sind große Veränderungen in den Maceralen eingetreten. Unter den Vitriniten sind fast keine Unterschiede mehr festzustellen. Cutinit, Sporinit, Resinit, Suberinit und Liptodetrinit besitzen die gleiche Farbe und sind nur durch ihre Formen untereinander zu unterscheiden. Die Exinite sind durch ihr Relief und die etwas dunkleren Farben von den Vitriniten zu unterscheiden (Taf. 18, Fig. 1).

In der Probe 25 (untere Fettkohle) lassen sich nur in wenigen Fällen Unterschiede zwischen Vitriniten und Exiniten feststellen. Diese sind nur bei Cutinit und Sporinit zu beobachten, die sich durch Form und dunklere Töne etwas abheben (Taf. 18, Fig. 2). Im allgemeinen sind in dem Anschliff nur kleine Mengen an Exiniten festzustellen.

In der Probe 22 (EBkohle) sind fast keine Unterschiede mehr zwischen Exiniten und Vitriniten vorhanden. Die Exinite sind nicht mehr untereinander zu differenzieren. Die Farbe der Vitrinite gleicht in manchen Fällen der der Inertinite (Taf. 19, Fig. 1).

In der Probe 21 (Magerkohle) sind die Exinite von den Vitriniten nicht mehr zu unterscheiden. Inertinite lassen sich nur durch ihre Form gegenüber den Vitriniten abgrenzen (Taf. 19, Fig. 2). Bemerkenswert in dieser Probe ist das Vorkommen von Sklerotites Brandonianus.

In der Probe 39 (Anthrazit) sind die Exinite chemisch und optisch dem Vitrininit so stark angeglichen, daß sie unter dem Mikroskop bei gewöhnlichem Licht nicht mehr zu unterscheiden sind. Die Inertinite sind kaum von den Vitriniten zu unterscheiden (Taf. 20, Fig. 1). Die Probe zeigt Vitrininitkörner mit deutlichen Oxidationserscheinungen.

In der Probe 41 (Meta-Anthrazit mit Hinweisen auf Naturkoks) (Taf. 20, Fig. 2) sind die Exinite selbst bei gekreuzten Nicols kaum zu sehen (Taf. 21, Fig. 1). Inertinite sind nicht mehr von Vitriniten zu unterscheiden.

Aus der genannten Veränderung der Macerale bei steigendem Inkohlungsgrad ist zu schließen, daß die unterschiedlich hohen Inkohlungsgrade auf Kontaktmetamorphose zurückzuführen sind (DAMBERGER 1968; DULHUNTY 1954; KISCH & TAYLOR 1966). Die mit der Versenkung der Sedimente in größere Teufen verbundene Temperaturerhöhung (Regionalmetamorphose) ist zu gering, um diese Inkohlungsgradunterschiede auf engem Raum zu erklären.

Die Veränderung der tertiären Kohlen der Antioquia-Formation geht auf die Einwirkung der schon erwähnten vulkanischen Extrusionen zurück, wobei nur die unmittelbar nahen Flöze beeinflußt wurden. Daß die Inkohlungssteigerung rasch vor sich ging, kann man an den Meta-Anthraziten mit Hinweisen auf Naturkoks beobachten.

Es ist außerdem anzunehmen, daß die Kohlen mit verschiedenen Reflexionsvermögen auf engem Raum andere technologische Eigenschaften aufweisen als paläozoische Steinkohlen mit dem gleichen Gehalt an flüchtigen Bestandteilen.

## 9.6 Untersuchungen der mineralischen Verunreinigungen der Schlitzproben

### 9.6.1 Allgemeines

Die Mineralsubstanz der Kohle besteht im wesentlichen aus Tonmineralen, Karbonatspäten, Schwefelkies und Quarz. Diese Minerale können syngenetisch oder epigenetisch sein (Tab. 24). Bei den syngenetischen Mineralen werden Neubildungen, sogenannte authigene Minerale, von eingeschwemmten und auch eingewehten detritischen unterschieden. Beide Arten sind fein mit der Kohle verwachsen. Epigenetische Minerale können auf Spalten und Rissen abgesetzte Neubildungen sein oder umgewandelte syngenetische Minerale. Zu den letztgenannten gehören die durch Druck und Temperatur bedingten Umwandlungen (z.B. Chloritisierung der Tonminerale) sowie die durch ascendente bzw. deszendente Lösungen bewirkten Umwandlungen (z.B. Verdrän-

gung von Eisenspat durch Pyrit) (MACKOWSKY 1971). Gelegentlich sind Schwerminerale zu erkennen, die jedoch wegen der geringen Beteiligung bei der mikroskopischen Analyse nicht berücksichtigt werden.

#### 9.6.2 Mineralführung der Flöze der Antioquia-Formation

Bei den mikroskopisch erkennbaren Mineralen in den Körner- und Stückschliffen der Kohlen der Amaga-Mulde und Körnerschliffen der Kohlen der Titiribi-Bolombolo-Senke handelt es sich um Tonminerale, Schwefelkies, Karbonate und Quarz. Sehr selten sind Schwerminerale, z.B. Zirkone, zu beobachten.

Die Tonminerale sind innig mit der Kohle verwachsen, was typisch für eine syngenetische Entstehung ist (MACKOWSKY 1956, 1968, 1975). Die Tonminerale sind entweder als dünne Streifen mit der Kohle verwachsen oder unregelmäßig ruschelrig in die Kohle eingelagert. Verwachsungen von Kohle mit 20 bis 60 Vol.-% Tonmineralen, Glimmer und untergeordnet Quarz werden als Carbargilit bezeichnet (Taf. 7, Fig. 2 bzw. Taf. 8, Fig. 2). Breite, reine Tonmineral-Lagen sind selten.

Die Schwefelkiese findet man als Spalt- und Rißfüllung (epigenetisch) und innig mit der Kohle verwachsen (syngenetisch) (Taf. 7, Fig. 2 bzw. Taf. 15, Fig. 2). Der syngenetische Schwefelkies ist meist feinkonkretionär. Gelegentlich findet man große Konkretionen, die aus kleinen Konkretionen gebildet werden (Taf. 11, Fig. 1). Die Durchmesser der meisten Konkretionen liegen allgemein zwischen 1 und 10 u. Vereinzelt kommen auch Konkretionen mit einem Durchmesser von mehr als 50 u vor. Karbonate kommen fast nur als Riß- und Spaltfüllung vor (epigenetisch). Am häufigsten ist die Ablagerung der Karbonate auf Spalten und Rissen in Vitrain-Lagen (Taf. 9, Fig. 2). Konkretionäre, syngenetische Karbonate sind auch zu beobachten. Diese sind vorwiegend in der Nähe von Spalten und Rissen, die mit Karbonat gefüllt sind, zu finden. Quarz ist meist mit Tonmineralen, weniger mit Schwefelkies vergesellschaftet. Es sind vorwiegend abgerundete Körner, die durch ihre Polierhärte auffallen (Taf. 8, Fig. 2). Bei diesem Quarz dürfte es sich um eingeschwemmten, also syngenetischen Quarzsand handeln.

#### 9.6.3 Röntgenographische Untersuchungen mineralischer Verunreinigungen

Für diese Untersuchungen wurden die Dichtestufen  $> 1.5$ , 1.5 bis 1.9 und  $> 1.9$  der Schlitzproben benutzt (s. Tab. 17).

Aus der Amaga-Mulde wurden die schweren Fraktionen der Proben 4 - 11 untersucht, wobei bei den Proben 4, 5, 6, 7 und 8 die Fraktion  $> 1.5$ , bei den Proben 9, 10 und 11 die Fraktionen 1.5 bis 1.9 und  $> 1.9$  verwendet wurden. Außerdem wurde noch die Mineralsubstanz der Schlitzproben 5, 6 und 7 (Flöz 1, 2 und 3), die mittels Plasmakaltentkohlung gewonnen wurde, untersucht. Diese besonderen Untersuchungen an den Flözen 1, 2 und 3 wurden deshalb durchgeführt, da es sich um die drei wichtigsten Flöze der Amaga-Mulde handelt.

Aus der Titiribi-Bolombolo-Senke wurden die Dichtefraktionen der Schlitzproben 21, 22, 23, 24, 25, 39 und 41 untersucht, und zwar bei den Proben 22 und 39 die Fraktion  $> 1.5$ , bei der Probe 41 die Fraktion  $> 1.5$  und  $> 1.9$  und bei den Proben 21, 23, 24 und 25 die Fraktion 1.5 bis 1.9 und die Fraktion  $> 1.9$ . Alle Schlitzproben der Titiribi-Bolombolo-Senke, die für diese Untersuchungen gebraucht wurden, besitzen verschiedene Inkohlungsgrade.

Die Tab. 25 gibt eine Zusammenstellung aller in den Proben der Amaga-Mulde röntgenographisch nachgewiesenen Minerale wieder. Die Untersuchungsergebnisse der Proben der Amaga-Mulde sind in der Tab. 26 aufgeführt. Die Mineralsubstanzen wurden an Durchschnittsproben mit geringem Aschegehalt durch Entfernung des Kohlenanteils mittels Plasmakaltentkohlung erhalten. Die Plasmakaltentkohlung ist ein Verfahren, um organische Stoffe und Kohle bei

niedrigen Temperaturen in einem sauerstoffhaltigen Plasma zu oxidieren. Hierbei bleibt im Gegensatz zur Veraschung bei 815<sup>0</sup> C und auch zur Entkohlung bei 380<sup>0</sup> C die Mineralsubstanz der Kohle unverändert erhalten. Die Temperatur innerhalb des Reaktors liegt während des ganzen Entkohlungsvorganges immer unter 150<sup>0</sup> C.

Aus der Tab. 26 ist das Vorkommen der einzelnen Minerale in den verschiedenen Proben zu ersehen. Auf Grund der Interferenzintensitäten in den Übersichtsdiagrammen wurde sehr grob nach Hauptbestandteilen (H), Nebenbestandteilen (N-H) und Beimengungen (B) geschätzt. Eine bessere Einstufung wäre nur durch eine aufwendige quantitative röntgenographische Mineralbestimmung oder durch zusätzliche chemische Analysen möglich gewesen. Durch ein (+) oder ein (-) sind in der Tabelle die Minerale gekennzeichnet, die in der Fraktion  $> 1.5$  im Vergleich mit der Mineralsubstanz aus der Plasmaentkohlung bzw. in der Fraktion  $> 1.9$  im Vergleich mit der Fraktion 1.5 bis 1.9 zu- oder abgenommen haben.

In den Mineralsubstanzen herrscht Bassanit ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ ) vor. Bassanit ist sicher nicht ursprünglich in der Kohle vorhanden gewesen, sondern als Neubildung bei der Plasmakaltentkohlung zu werten. In den Kohlen reagiert der organische Schwefel mit dem Sauerstoffplasma zu  $\text{SO}_2$  ( $\text{SO}_3$ ), das sich entweder mit Ca-, welches komplex anorganisch-organisch gebunden sein kann oder möglicherweise auch mit fein verteilten, schon in der Zersetzung befindlichen Calciten, zu wasserhaltigen Sulfaten, z.B.  $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ , umsetzt.

Berücksichtigt man die Dichtefraktionen  $> 1.5$  und 1.5 bis 1.9, die den Mineralgehalt der Kohle am ehesten richtig wiedergeben, so bietet sich eine Dreiteilung an:

- a) Sulfid vorwiegend Probe 4
- b) Karbonat vorwiegend Probe 5, 6 und 7  
(Probe 6 Karbonat/Sulfid)
- c) Kaolinit vorwiegend Probe 8, 9, 10 und 11  
(Probe 10 Kaolinit/Karbonat)

In den Dichtefraktionen  $> 1.9$  der Probe 9, 10 und 11 ist Calcit das vorherrschende Mineral.

Die Ergebnisse der Untersuchungen der Proben der Titiribi-Bolombolo-Senke sind in der Tab. 27 aufgeführt. Im Vergleich zu den Proben der Amaga-Mulde wurden in dieser Senke weitere Minerale identifiziert: Gips, Anhydrit, Szomolnokit, Feldspat, Magnetit, Pyrrhotin und Eisen-Sulfat.

Die Tabelle gibt auch die Übersicht über die Mineralverteilung in den Proben. In der Probe 24 treten in der Fraktion 1.5 - 1.9 Pyrit und Kaolinit als Hauptbestandteile auf, während die Fraktion  $> 1.9$  bei höheren Kaolinit- und geringeren Pyrit-Gehalten mehr Karbonat enthält. Eisen-Sulfat ist in den Fraktionen kaum vorhanden. Sehr stark vertreten sind Sulfate - besonders Gips - in den Fraktionen der Probe 23. Abgesehen von Calcit sind die Unterschiede zwischen beiden Fraktionen nicht groß. Bei den Untersuchungen der Flözprofil-säulen hat sich gezeigt, daß sich der epigenetische Calcit in der Fraktion  $> 1.9$  anreichert.

Bei der Probe 25 ist Dolomit das dominierende Mineral. Alle anderen Minerale, abgesehen vom Pyrit der leichteren Fraktion, sind nur ganz untergeordnet vorhanden. Quarz, Kaolinit und Pyrit sind die wesentlichen Mineralanteile in den Fraktionen  $> 1.5$  der Probe 22.

Bei der Probe 21 ist wie bei der Probe 25 Dolomit das vorherrschende Mineral. Calcit erreicht in der Fraktion  $> 1.9$  höhere Anteile. Zusammenfassend kann zu diesen Proben gesagt werden, daß - abgesehen von den Proben 22 und 24 - nichtsilikatische Minerale in den untersuchten Dichtefraktionen vorherrschen. Illit war in den Übersichtsdiagrammen nicht erkennbar. Talk oder Pyrophyllit ist als Beimengung in allen Übersichtsdiagrammen mehr oder weniger gut erkennbar.

In der Probe 39 sind die wesentlichen Minerale Sulfide und Quarz. Pyrophyllit/Talk ist im Vergleich mit den vorher untersuchten Proben stärker vertreten. Entscheidende Unterschie-

de zum Mineralgehalt sind aber bei diesen Proben nicht feststellbar. Anders ist es bei der Probe 41 in der Fraktion  $> 1.9$ , wo neben Sulfiden und Karbonaten noch Magnetit in deutlichen Anteilen und wahrscheinlich auch noch etwas Pyrrhotin nachweisbar sind. Die Fraktion  $> 1.5$  der Probe 41 enthält als Sulfid fast nur Markasit. Es ist offensichtlich Markasit, der in feinsten Verwachsungen mit dem Anthrazit auftritt und durch eine Dichtentrennung nicht isoliert werden kann.

#### 9.6.4 Bestimmung des Asche-Schmelzverhaltens der Schlitzproben 5, 6 und 7 (Flöz 1, 2, 3)

Die Bestimmung des Asche-Schmelzverhaltens gibt einen Anhalt über das Verhalten der anorganischen Bestandteile der Kohlen bei ihrer technischen Verwendung (RADMACHER 1949).

Die Asche ist ein Gemisch von anorganischen Verbindungen, das beim Erhitzen nicht plötzlich schmilzt, sondern zunächst erweicht und dann in seiner Viskosität allmählich abnimmt. Um diesen Vorgang zu kennzeichnen, der je nach der Zusammensetzung der Asche in einem mehr oder weniger weiten Temperaturbereich verläuft, wird ein Asche-Probenkörper mit festgelegten Abmessungen (3 mm hoch, 3 mm  $\emptyset$ ) unter Einhaltung eines bestimmten Temperaturanstiegs ( $10^{\circ}$  C/min) in oxidierender Atmosphäre (Luft) und schwach reduzierender Atmosphäre ( $1/3$  CO<sub>2</sub>,  $2/3$  CO) erhitzt. Die Änderung der Form und der Oberflächenbeschaffenheit des Asche-Probenkörpers werden aus dem Schattenbild abgezeichnet und die Temperaturpunkte angegeben, bei denen er eine konventionell gekennzeichnete Formveränderung angenommen hat. Als kennzeichnende Temperaturpunkte des Ascheschmelzvorganges gelten Sinterbeginn, Erweichungspunkt, Halbkugelpunkt und Fließpunkt. Der Erweichungspunkt liegt bei der Temperatur, bei der deutlich erkennbare Kanten des Asche-Probenkörpers rund zu werden beginnen. Der Halbkugelpunkt liegt bei der Temperatur, bei der der Asche-Probenkörper zu einer halbkugelförmigen Masse zusammengeschmolzen ist.

Der Fließpunkt liegt bei der Temperatur, bei der die Höhe des Asche-Probenkörpers ein Drittel der ursprünglichen beträgt. Gearbeitet wurde mit einem Erhitzungsmikroskop, bestehend aus einem elektrisch beheizten Rohrofen, einer Lichtquelle und einem Beobachtungsgerät zum Zeichnen des Schattenbildes.

In den Abb. 21, 22 und 23 ist das Asche-Schmelzverhalten der Proben dargestellt, ebenso ist die chemische Zusammensetzung der Aschen aufgeführt.

Die Aschen gehören zu den drei wichtigsten Flözen der Amaga-Mulde (Flöz 1, 2 und 3). Die Aschen wurden sowohl in oxidierender als auch in schwach reduzierender Atmosphäre untersucht. In allen 3 Proben ist der Erweichungspunkt - vor allem in der schwach reduzierenden Atmosphäre - niedrig. Die Fließpunkte liegen auch sehr niedrig im Vergleich zu Ruhrkohlen-Aschen. Zusätzlich wurden, um diese Werte besser interpretieren zu können, Röntgenfluoreszenz-Analysen (RFA) durchgeführt. Die Analysen wurden an reinen Aschen vorgenommen. Besonders ins Auge fallen die hohen SO<sub>3</sub>- und CaO- sowie die niedrigen Werte für SiO<sub>2</sub>. Solche Zusammensetzungen sind typisch für Braunkohlenaschen.

Damit müssen die Kohlen auf Grund ihrer chemischen Aschen-Zusammensetzung als Braunkohlen angesprochen werden, obwohl sie nach der Inkohlungsgradbestimmung durch Reflexionsmessungen schon an die Grenze Braunkohle-Steinkohle gestellt werden können. Tab. 28 zeigt einen Vergleich von Braunkohlen- und Steinkohlenaschen aus Deutschland.

Die niedrigen Fließpunkte sind dadurch zu erklären, daß die Aschen hohe Gehalte an schmelzpunkt-erniedrigenden Komponenten (CaO, Eisen) sowie geringe Mengen an schmelzpunkt-erhöhenden Komponenten (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>) enthalten. Aufgrund der niedrigen Sinter- und Erweichungspunkte der Aschen sind die Kohlen für neuere Technologien - wie Vergasung - und auch für trocken entaschende Kessel bei der Verstromung wenig geeignet; mit diesen niedrigen Fließpunkten würde diese Kohle sich für einen Kessel mit Schmelz-Kammerbetrieb gut eignen.

## 10. ZUSAMMENFASSUNG

Es wurde eine geologische Übersicht der Amaga-Mulde aufgestellt, wobei die kohlenführende Antioquia-Formation besonders behandelt wurde. Die Ergebnisse wurden in einer geologischen und einer tektonischen Karte sowie in Profilen im Maßstab 1 : 50 000 dargestellt.

Aus der Amaga-Mulde wurden 8 Flözprofilsäulen sowohl makroskopisch als auch mikroskopisch (qualitativ und quantitativ) analysiert. Die makroskopischen Analysen der Flözprofilsäulen nach Lithotypen ergaben, daß die Flöze im Bereich der Grube El Silencio und der Grube La Nechi arm an Verwachsungen von Kohle mit Nebengestein sind. In den Flözen fehlt der Lithotyp Fusain. Die Flöze sind vorwiegend feinstreifig aufgebaut.

Das Flöz Capotera zeichnet sich durch eine enge Zone von Verwachsungen von Kohle mit Nebengestein im Hangenden und Liegenden aus. Das Flöz 1 der Grube La Guali besitzt eine große Ähnlichkeit mit dem Flöz 1N der Grube La Nechi. Beide Flöze enthalten eine Berge-Lage mit Kohlenstreifen. Der Übergang von Kohle zum Nebengestein ist im Gegensatz zum Flöz Capotera in beiden Flözen im Hangenden und Liegenden scharf. Die scharfen Übergänge an beiden Flözenden sind nur in diesen Flözen zu beobachten. Eine weitere Besonderheit dieser Flöze ist der im Vergleich zu den anderen Flözen viel höhere Anteil an feinstreifiger Kohle. Das Flöz 2 der Grube El Silencio ist z.T. mit dem Flöz 2N der Grube La Nechi vergleichbar. Beide besitzen nur im Hangenden Verwachsungen von Kohle mit Nebengestein, im Liegenden dagegen ist der Übergang von Kohle zum Nebengestein scharf ausgeprägt. Charakteristisch für das Flöz 3 ist die Anwesenheit mehrerer Vitrain-Lagen in der oberen Flözhälfte. Dieses Flöz enthält die breitesten Vitrain-Lagen aller Flöze. Das Flöz 4 hat die geringste Mächtigkeit und ist zugleich das einzige, das weder Fusain noch Vitrain enthält. Das Flöz 5 zeigt wie Flöz Capotera und Flöz 4 wieder eine schmale Zone von Verwachsungen von Kohle mit Nebengestein im Hangenden und Liegenden. Als einziges Flöz weist es Vitrain-Lagen direkt oberhalb der Flözmitte auf.

Die qualitative mikroskopische Untersuchung der Profilsäulen aller Flöze der Amaga-Mulde ergab, daß sie in der Maceral- und Mineralführung wie auch in der Vergesellschaftung der Macerale untereinander ähnlich sind. Bei der Untersuchung der Kohlen mit einem Fluoreszenzmikroskop zeigte sich, daß diese - im Grenzbereich zwischen Braun- und Steinkohle liegenden Kohlen - einige fluoreszierende Macerale enthielten, die bislang nur aus der Braunkohle bekannt sind. Es sind dies: Suberinit, Bituminit, Exudatinit, Chlorophyllinit und Fluorinit. Neben diesen Maceralen der Liptinit-Gruppe enthielten diese Kohlen noch kleine Mengen von Maceralen der Huminit-Gruppe, die als Vorstufe der Vitrinit-Gruppe von Steinkohlen anzusprechen ist. Es sind Textinit, Ulminit, Attrinit, Densinit, Gelinit und Corpohuminit, die bei der quantitativen Analyse mit den übrigen Maceralen der Steinkohle erfaßt wurden.

Die Flöze der Amaga-Mulde werden vorwiegend aus den Maceralen der Vitrinit-Gruppe aufgebaut; sie bilden Lagen unterschiedlicher Mächtigkeit. Die Macerale der Exinit-Gruppe sind im allgemeinen mit Vitrinit vergesellschaftet; die Inertinite sind fast immer in vitrinitischer Grundmasse eingelagert, aber nur selten in höheren Konzentrationen. Bemerkenswert ist das Vorkommen von Teleutosporen und Sklerotites Brandonianus, die typisch sind für tertiäre Kohlen. Von den Maceralen der Vitrinit-Gruppe ist der Collinit in diesen Flözen am stärksten vertreten, gefolgt von Telinit und Vitrodetrinit. Im Collinit konnte man die Maceral-Typen Desmocollinit, Corpocollinit, Telocollinit und Gelocollinit unterscheiden. Aus der Exinit-Gruppe wurden die Macerale Sporinit, Cutinit, Suberinit, Resinit, Bituminit und Lipodetrinit gefunden; Algininit war nicht vorhanden. Aus der Inertinit-Gruppe wurden Sklerotinit, Semifusinit, Mikrinit und Inertodetrinit identifiziert. Fusinit und Makrinit wurden nicht beobachtet.

Für die quantitative Flözprofilanalyse wurde die natürliche Unterteilung der Flöze,

d.h. die Lithotypen benutzt. Erstmals wurde bei dieser Untersuchungsmethode die sogenannte Kombinationsanalyse angewendet, die es gestattet, besonders die durchschnittliche Zusammensetzung der einzelnen Mikrolithotypen nach Maceralen zu erfassen. Die Auswertung der Kombinationsanalyse zeigte, daß die Flöze vorwiegend aus den Maceralen der Vitrit-Gruppe aufgebaut werden. Vorherrschend ist hier der Collinit, der in der Hauptsache durch den Maceral-Typ Desmocollinit vertreten wird. Die Auswertung ergab außerdem, daß die Flöze ungewöhnlich arm an Inertiniten sind.

Durch die mikroskopischen Untersuchungen der einzelnen Lithotypen konnte ferner nachgewiesen werden, daß zwischen den makroskopisch unterschiedenen Lithotypen Clarain und Durain kein eindeutiger Unterschied besteht. Beide Lithotypen - der Clarain wie der Durain - sind mehr oder weniger aus Vergesellschaftungen von Maceralen der Vitrit-Gruppe und der Exinit-Gruppe aufgebaut. Echte Durite - die Vergesellschaftung von Exinit und Inertinit - kommen nur selten vor. Während die Vitrain-Lagen überwiegend aus Vitriten bestehen, ist der Anteil des Vitrits in den Clarain- und Durain-Lagen niedrig bis sehr niedrig. Die Durain-Lagen enthalten etwas mehr Clarite und Trimacerite als die Clarain-Lagen. Insgesamt sind die Schwankungen in der petrographischen Zusammensetzung der Lithotypen vor allem wegen der sehr geringen Beteiligung des Inertinit so klein, daß - ausgehend von dem makroskopischen Flözschnitt - Rückschlüsse auf die Verwendbarkeit der Kohle möglich sind. Dies ist z.B. bei den Ruhrkohlen nicht der Fall. Die Zusammensetzung nach Maceralgruppen aller Flöze in den einzelnen Lithotypen Vitrain, Clarain und Durain wurde jeweils in einem Dreiecksdiagramm dargestellt. Erwartungsgemäß haben die Vitrain-Lagen den höchsten Gehalt an Vitrit. Die Clarain-Lagen und Durain-Lagen unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung nach Maceralgruppen nicht wesentlich voneinander, jedoch deutlich von der der Vitrain-Lagen. In beiden Lithotypen ist eine stärkere Beteiligung des Exinit nachzuweisen; Inertinit kommt nur untergeordnet vor. Die Zusammensetzung nach Maceralgruppen der Trimacerite in den Clarain- und Durain-Lagen wurde ebenfalls in Dreiecksdiagrammen dargestellt. In beiden Lithotypen haben die Trimacerite eine sehr ähnliche Zusammensetzung, wobei in den Durain-Lagen eine etwas größere Streuung der Werte zu beobachten ist als in den Clarain-Lagen.

Die Flöze der Amaga-Mulde zeigen in ihrer Zusammensetzung nach Maceralgruppen und Mikrolithotypen keine markanten Unterschiede, die eine sichere Korrelation der einzelnen Flöze ermöglichen würden. Eine Korrelation des Flözes 1N der Grube La Nechi mit dem 10 km weiter nördlich aufgeschlossenen Flöz 1 der Grube La Guali ist durch ein charakteristisches Bergemittel möglich. Die makropetrographische Flözaufnahme und die Ergebnisse der quantitativen mikroskopischen Untersuchungen der Lithotypen wurden in Form von Profilsäulen im Maßstab 1 : 4 dargestellt. Es wurde versucht, die Flöze der Amaga-Mulde mit denen der Titiribi-Bolombolo-Senke mit Hilfe von Schlitzproben-Untersuchungen zu vergleichen. Hierzu wurden 16 Schlitzproben der Amaga-Mulde und 25 Schlitzproben der Titiribi-Bolombolo-Senke petrographisch und chemisch analysiert. Die Inkohlungsgradbestimmungen ergaben, daß der Inkohlungsgrad der Flöze der Amaga-Mulde nur wenig schwankt. Bei allen Proben handelt es sich um Kohle, die inkohlungsmäßig an der Grenze zwischen Braunkohle und Steinkohle liegt. Die Inkohlungsgrade der Flöze der Titiribi-Bolombolo-Senke schwanken jedoch sehr stark von Glanzbraunkohle bis Anthrazit.

Die niedrig inkohlten Kohlen der Titiribi-Bolombolo-Senke haben eine ähnliche Maceralzusammensetzung wie die der Amaga-Mulde. Abweichende Zusammensetzung nach Maceralen wurde nur in höher und hoch inkohlten Kohlen der Titiribi-Bolombolo-Senke festgestellt. Von allen Schlitzproben der Amaga-Mulde und der Titiribi-Bolombolo-Senke wurden Kurzanalysen angefertigt. Während die Kohlen der Amaga-Mulde nur geringe Unterschiede im Wasser- und Aschengehalt und im Gehalt an flüchtigen Bestandteilen aufweisen, treten in den Kohlen der Titiribi-Bolombolo-Senke zum Teil erhebliche Unterschiede auf. Flöze mit geringerem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen und einem höheren Reflexionsvermögen sind nur in der unmittelbaren Nachbarschaft von vulkanischen Extrusionen zu finden.

Die Elementaranalysen der Schlitzproben der Amaga-Mulde ergaben wieder keine großen Abweichungen. Anders ist es bei den Proben der Titiribi-Bolombolo-Senke, in welchen z.T. anomale Werte im anorganisch gebundenen Schwefel, im Sauerstoff- und Wasserstoffgehalt festgestellt wurden. Mit Hilfe von von VAN KREVELEN vorgeschlagenen H/C : O/C-Diagrammes konnte nachgewiesen werden, daß einige Proben oxidiert sind, andere mehr Exinit enthalten müssen als durch die mikroskopischen Analysen ermittelt werden konnte.

Unterschiede zeigen auch beide Kohlevorkommen in ihrer Mineralführung. Mit Hilfe der röntgenographischen Analyse wurde in den Proben der Amaga-Mulde Pyrit, Markasit, Quarz, Calcit, Aragonit, Dolomit, Siderit, Bassanit, Talk/Pyrophyllit, Kaolinit und Serizit/Illit qualitativ nachgewiesen. In den Proben der Titiribi-Bolombolo-Senke wurden außerdem Gips, Anhydrit, Szomolnokit, Feldspat, Magnetit und Pyrrhotin festgestellt.

Von einigen Flözen der Amaga-Mulde wurden zusätzlich chemische Analysen der Aschen durchgeführt. Die Zusammensetzung dieser Aschen zeigt, daß es sich dabei um typische Braunkohlenaschen handelt, obwohl diese Kohlen aufgrund der Inkohlungsgradbestimmungen durch Reflexionsmessungen schon an die Grenze Braunkohle/Steinkohle zu stellen sind.

Die Veränderung der Macerale der tertiären Kohlen der Titiribi-Bolombolo-Senke und der rasche Anstieg des Inkohlungsgrades weisen auf eine Thermometamorphose hin. Das Auftreten von Anthraziten in der Nachbarschaft von sonst nur mäßig inkohlten Kohlen der Titiribi-Bolombolo-Senke macht die z.T. sehr intensive Thermometamorphose deutlich. Aber nicht nur die Flöze in der unmittelbaren Umgebung vulkanischer Extrusionen sind thermisch verändert, auch die übrigen Flöze haben im allgemeinen einen höheren Inkohlungsgrad als die der Amaga-Mulde, was gleichfalls auf eine thermische Beeinflussung zurückzuführen ist.

Aus den Untersuchungen der Schlitzproben kann man schließen, daß die Kohlen der Amaga-Mulde und der Titiribi-Bolombolo-Senke z.T. auch in ihren technologischen Eigenschaften verschieden sein müssen.

## 11. LITERATUR

- BARRERO, D., ALVAREZ, A.J. & KASSEM, T. (1969): Actividad ignea y tectónica en la Cordillera Central durante el Mesocenoico - Bol. geol. (Colombia), 17, 1-3: 145-173; Bogotá.
- Bergbau-Betriebsblätter BB 22022 - Mikroskopische Untersuchungen an Steinkohlen, Koksen, und Briketts - Bergbauforsch. Essen (Hrsg.); Glückauf-Verlag, Essen.
- Blatt 1 (1975): Übersicht und Anwendung der Verfahren; 9 S..
- Blatt 2 (1970): Herstellung von Körnerschliffen und Stückschliffen; 5 S..
- Blatt 3 (1971): Maceralanalyse an Körnerschliffen; 7 S..
- Blatt 4 (1973): Mikrolithotypenanalyse an Körnerschliffen; 6 S..
- Blatt 5 (1975): Inkohlungsgradbestimmungen durch Reflexionsmessungen an Vitriniten; 10 S..
- Blatt 6 (1971): Kohlenartenanalyse an Kohlenmischungen durch Reflexionsmessungen an Vitriniten; 8 S..
- Blatt 7 (1974): Sonderuntersuchungen; 4 S..
- BOTERO, G. (1963): Contribución al conocimiento de la geología de la Zona Central de Antioquia - Anales Fac. Minas Univ. Nac. Colombia, 57; Medellín.
- CEDIEL, F., UJUETA, G. & CACERES, C. (1976): Mem. Mapa geol. Colombia, 1-22; Bogotá.
- DAMBERGER, H. (1968): Ein Nachweis der Abhängigkeit der Inkohlung von der Temperatur - Brennst.-Chemie, 49: 73-77; Essen.
- DIESEL, C. (1961): Zur Kenntnis der Bildungsweise des Flözes Katharina im niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbecken - Bergbau-Arch., 22: 57-82; Essen.
- DULHUNTY, J.A. (1954): Geological factors in the metamorphic development of coal - Fuel, 33: 145-152; London.
- ECHVERRIA, R., LINA, M. (1973): Zonación de las rocas metamórficas del Valle de Aburrá y sus alrededores - Tesis de Grado, Fac. Minas, Univ. Nac. Colombia, 124 p.; Medellín.
- FEININGER, T., BARRERO, D. & CASTRO, N. (1972): Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas - Bol. geol., 20, 2: 1-73; Bogotá.
- GROSSE, E. (1926): Terciario carbonífero de Antioquia - 361 S.; Dietrich Reimer Verlag, Berlin.
- GUMZ, W., KIRSCH, H., MACKOWSKY, M.-Th. (1958): Schlackenkunde - 422 S.; Springer-Verlag, Berlin - Göttingen - Heidelberg.
- HALL, R.B., ALVAREZ, J.A. & RICO, H.H. (1972): Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (Sub-Zona II-A) - Bol. geol., 20, 1: 85 S.; Bogotá.
- HUCK, G. & PATTEISKY, K. (1964): Inkohlungsreaktionen unter Druck - Fortschr. Geol. Rheinld. Westf., 12: 551-558; Krefeld.
- INTERNATIONALES LEXIKON FOR KOHLENPETROLOGIE (2. Ausgabe)- CNRS, Paris; (Hrsg.)(1963). Ergänzungen 1 und 2: 1971, 1975.
- IRVING, E.M. (1971): La evolución estructural de los Andes más septentrionales de Colombia - Bol. geol., 19, 2: 102 S.; Bogotá.
- JAKOB, H. (1961): Die Bildung der Kohle unter besonderer Berücksichtigung der biochemischen Phase - Geol. Jb., 78: 103-122; Hannover.
- (1964): Über die Steinkohle-Oxyhumodile aus Afghanistan, Ägypten, Kolumbien und dem Iran - Kohlenvarietäten der Verwitterungszone von Steinkohlenflözen. I. Die Verwitterung von Steinkohlen und die Rolle der Oxydation, makropetrographischer Befund und mikroskopische Untersuchung - Brennst.-Chemie, 45: 26-29; Essen.
- (1977): Petrographische, chemische und technologische Eigenschaften kolumbianischer Kohlen - Geol. Jb. (D), 23: 19-37; Hannover.
- KARWEIL, J. (1965): Die Metamorphose der Kohlen vom Standpunkt der physikalischen Chemie - Z. deutsch. geol. Ges., 107: 132-139; Stuttgart.

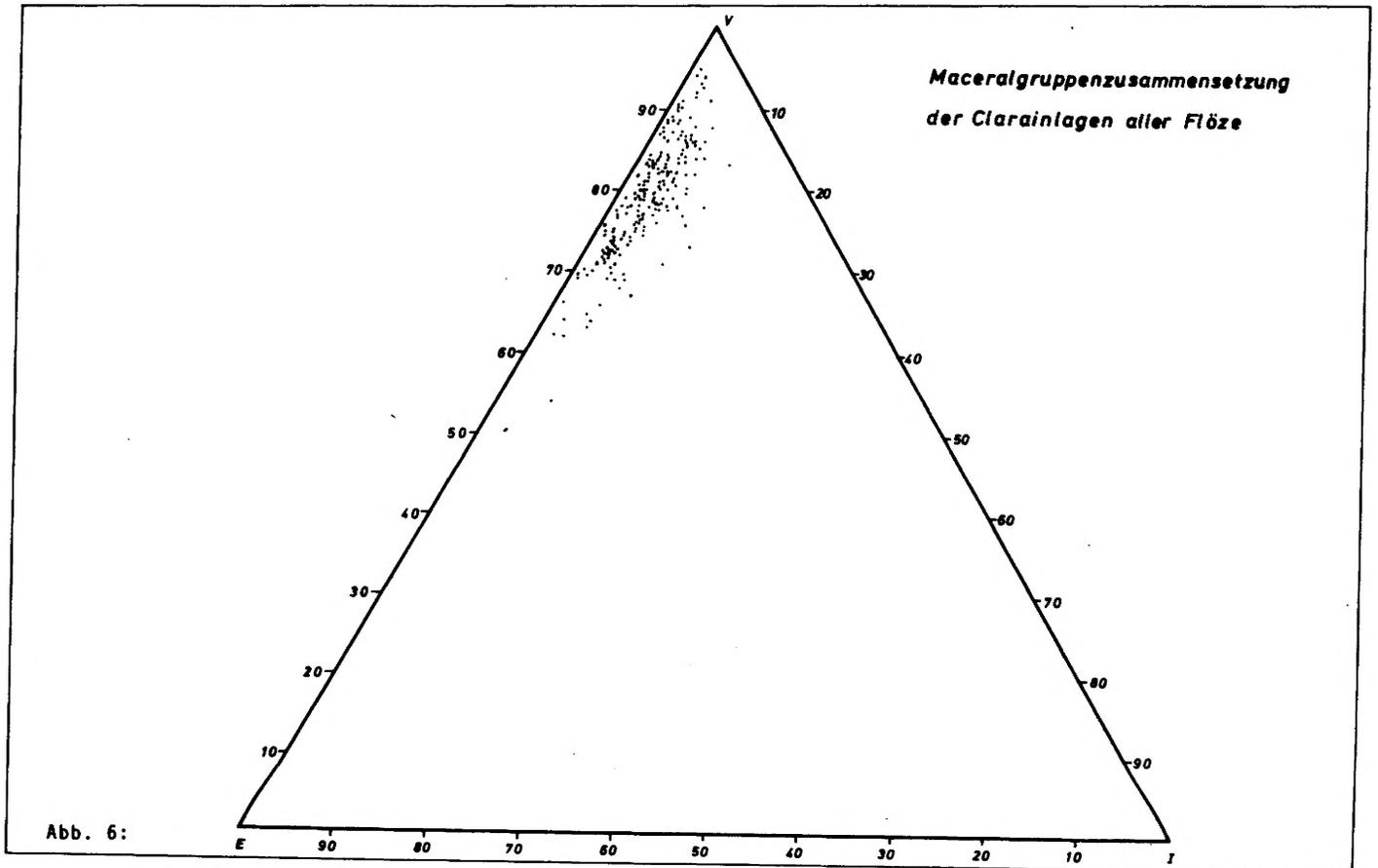
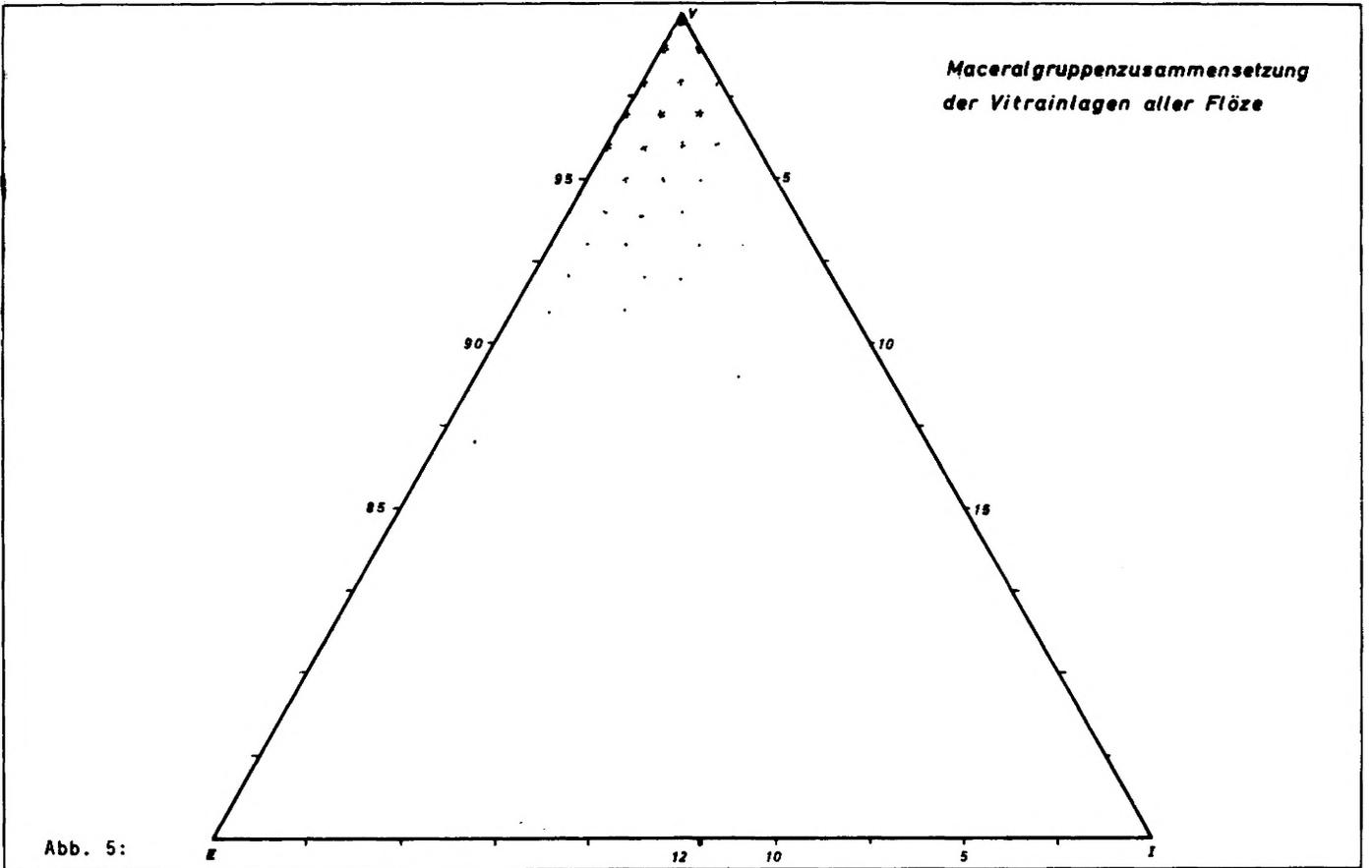
- KISCH, H.J. & TAYLOR, G.H. (1966): Metamorphism and alteration near an intrusive contact - Econ. Geol., 61: 343-361; Lancaster.
- KÜTTER, K. (1959): Vereinfachung der Kohlenpetrographischen Analyse nach Mikrolithotypen durch Anwendung eines "20-Punkt-Okulars" - Brennst.-Chemie, 40: 305-309; Essen.
- (1960): Die mikroskopische Reflexionsmessung mit dem Photomultiplier und ihre Anwendung auf die Kohlenuntersuchungen - Brennst.-Chemie, 41: 263-272; Essen.
- KREVELEN, D.V. VAN (1961): Coal - 514 S.; Elsevier, Amsterdam - London - New York - Princeton.
- KRÜGER, C., POHL, A., HOVESTADT, H., KUTHE, F. & BORGER, H. (1957): Die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Steinkohlegefügebestandteile (Macerale). I. Chemische Eigenschaften und Inkohlungsverhalten der Steinkohlegefügebestandteile - Brennst.-Chemie, 38: 33-42; Essen.
- KUTZNER, R. (1967): Versuch einer weiträumigen Flözgleichstellung mit Methoden der Kohlenpetrographie - Glückauf Forsch.-H., 28: 39-48; Essen.
- MACKOWSKY, M.-Th. (1955): Der Sedimentationsrhythmus der Kohlenflöze - N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1955: 438-448; Stuttgart.
- (1956): Möglichkeiten zur Kennzeichnung der Mineralverteilung in der Kohle - Proc. Int. Com. Coal Petrol., 2: 31-41; Liège.
- (1968): Mineral matter in coal - In.: MURCHISON, D.G. & WESTOLL, T.S. (Eds.): Coal and coal-bearing strata: 309-321; Oliver & Boyd, Edinburgh.
- (1975): Minerals and trace elements occurring in coal - In: STACH's Textbook of Coal Petrology: 121-131; Gebrüder Bornträger, Berlin - Stuttgart.
- (1976): Petrographische Unterschiede zwischen Gondwana-Kohlen und Kohlen des nordwesteuropäischen Kohlegürtels - Glückauf-Forsch., 37: 28-38; Essen.
- (1978): Die Bedeutung der Kohlenpetrographie in Geo-Wissenschaften und Technologie - Fortschr. Miner., 55: 172-196; Stuttgart.
- NELSON, H.W. (1959): Contribution to the geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the sector between Ibagué and Cali - Leidse geol. Meded., 22: 1-75; Leiden.
- PATTEISKY, K. & TEICHMÖLLER, M. (1960): Inkohlungs-Verlauf, Inkohlungs-Maßstäbe und Klassifikation auf Grund von Vitrit-Analysen - Brennst.-Chemie, 41: 79-84; Essen.
- PEREZ, G. (1967): Determinación de la edad absoluta de algunas rocas de Antioquia por métodos radioactivos - Dyna, 84: 27-31; Medellín.
- PILGER, G. (1965): Beziehungen der kleintektonischen zu den großtektonischen Formen im Ruhrkarbon - Clausthaler Geol. Abh., 1: 129-167; Clausthal.
- PORTA, J. De (1974): Lexique Stratigraphique International: (V), 4b (Colombie): 692 S.; Paris.
- RADMACHER, W. (1949): Bestimmung des Asche-Schmelzverhaltens fester Brennstoffe - Brennst.-Chemie, 30: 377-384; Essen.
- RESTREPO, J.J. & TOUSSAINT, J.F. (1975): Edades radiométricas de algunas rocas de Antioquia, Colombia - Publ. esp., Geol., Fac. de Minas, 23 S.; Medellín.
- STACH, E. (1968): Die Untersuchungen von Kohlenlagerstätten - In: BENTZ, A. & MARTINI, H.J.: Lehrbuch der angewandten Geologie, 2, 1: 421-562; F. Enke-Verlag, Stuttgart.
- STACH, E., MACKOWSKY, M.-Th., TEICHMÖLLER, M., TAYLOR, G., CHANDRA, D. & TEICHMÖLLER, R. (1975): STACH's textbook of Coal Petrology; 428 S.; Gebrüder Bornträger, Berlin - Stuttgart.
- STACH, E. & PICKHARDT, W. (1964): Tertiäre und Karbonische Pilzreste (Sklerotinit) - Fortsch. Geol. Rheinld. Westf., 12: 377-382; Krefeld.
- TASCH, K.-H. (1957): Eine neue, einfache Methode zur Flözgleichstellung im begrenzten Raum - Bergbau Rdsch., 9: 115-392; Essen.
- TEICHMÖLLER, M. (1962): Die Genese der Kohle - C.R.4. Congr. Intern. Strat. Géol. Carbonifère (Heerlen 1958), 3: 699-722; Maastricht.

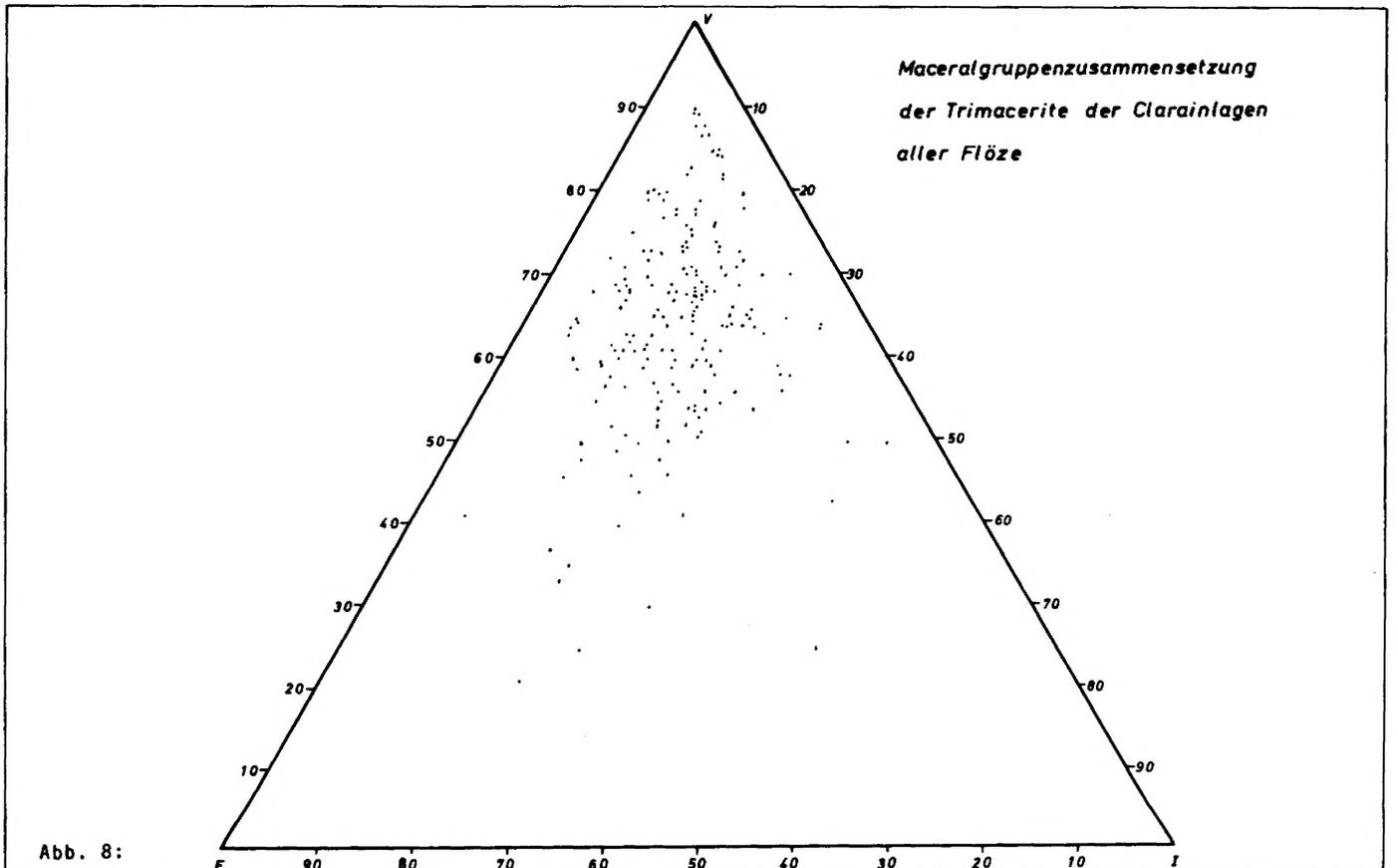
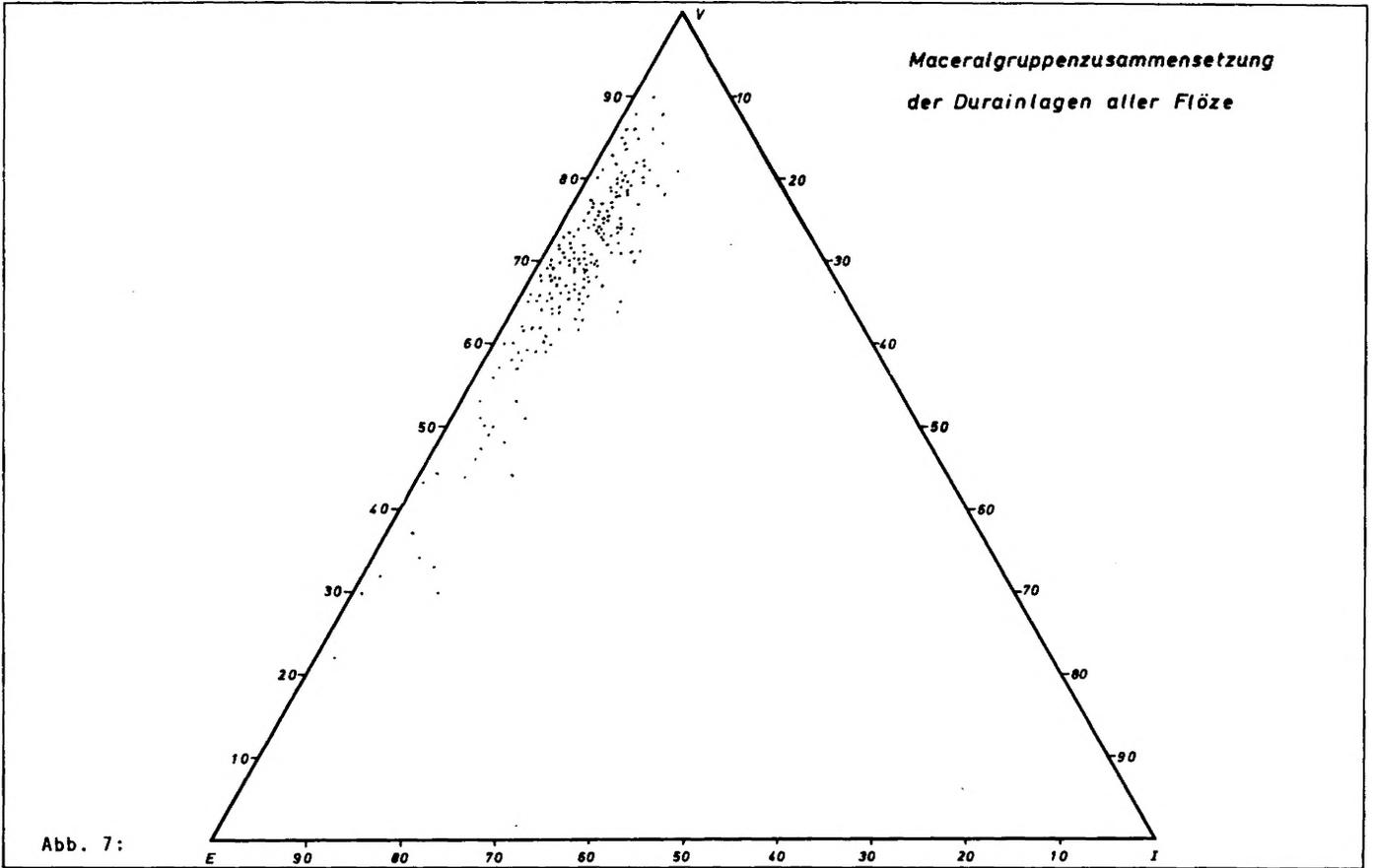
- TEICHMOLLER, M. (1973): Zur Petrographie und Genese von Naturkoksen im Flöz Präsident/Helene der Zeche Friedrich-Heinrich bei Kamp-Lintfort (linker Niederrhein) - Geol. Mittl., 24: 219-254; Aachen.
- (1974): Ober neue Macerale der Liptinit-Gruppe und die Entstehung des Micrinitis - Fortschr. Geol. Rheinld. Westf., 24: 37-64; Krefeld.
- TEICHMOLLER, M. & TEICHMOLLER, R. (1954): Zur mikrotektonischen Verformung der Kohle - Geol. Jb., 69: 263-286; Hannover.
- (1966): Geological causes of coalification - Coal science, Ad. Chem. Ser., 55: 133-155; Washington.
- ZEIL, W. (1979): The Andes. A geological review - 260 S.; Gebrüder Bornträger, Berlin - Stuttgart.

## 12. VERZEICHNIS DER ANLAGEN

- Anlage 1: Geologische Übersichtskarte der Amaga-Mulde
- Anlage 2: Stratigraphische Profile
- Anlage 3: Zeichenerklärung zu den Flözprofilsäulen
- Anlage 4: Flöz Capotera - Grube El Silencio
- Anlage 5: Flöz 1 - Grube La Guali
- Anlage 6: Flöz 1N - Grube La Nechi
- Anlage 7: Flöz 2 - Grube El Silencio
- Anlage 8: Flöz 2N - Grube La Nechi
- Anlage 9: Flöz 3 - Grube El Silencio
- Anlage 10: Flöz 4 - Grube El Silencio
- Anlage 11: Flöz 5 - Grube El Silencio

13. ABBILDUNGEN 5 - 23





*Maceralgruppenzusammensetzung  
der Trimacerite der Durainlagen  
aller Flöze*

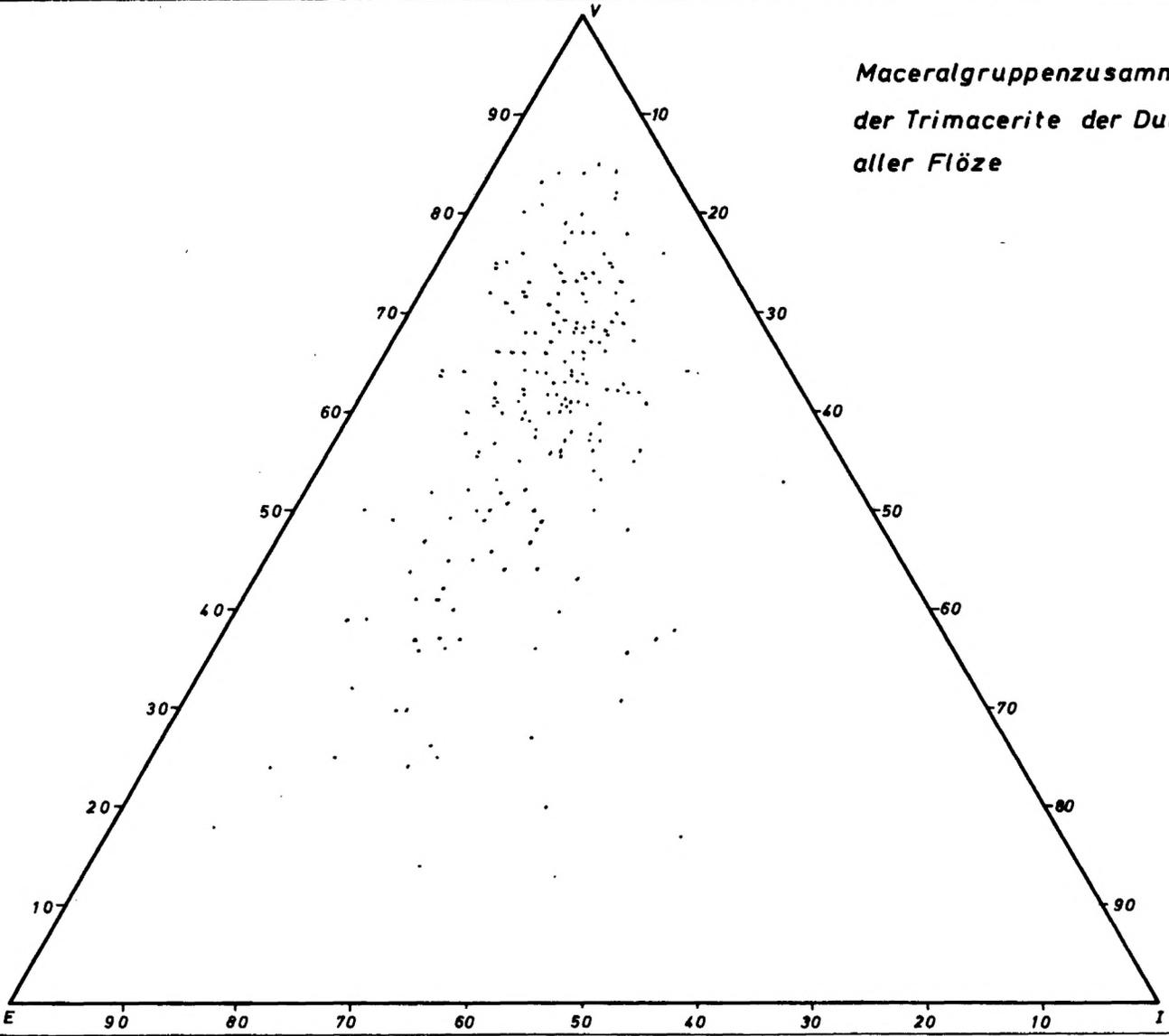


Abb. 9:

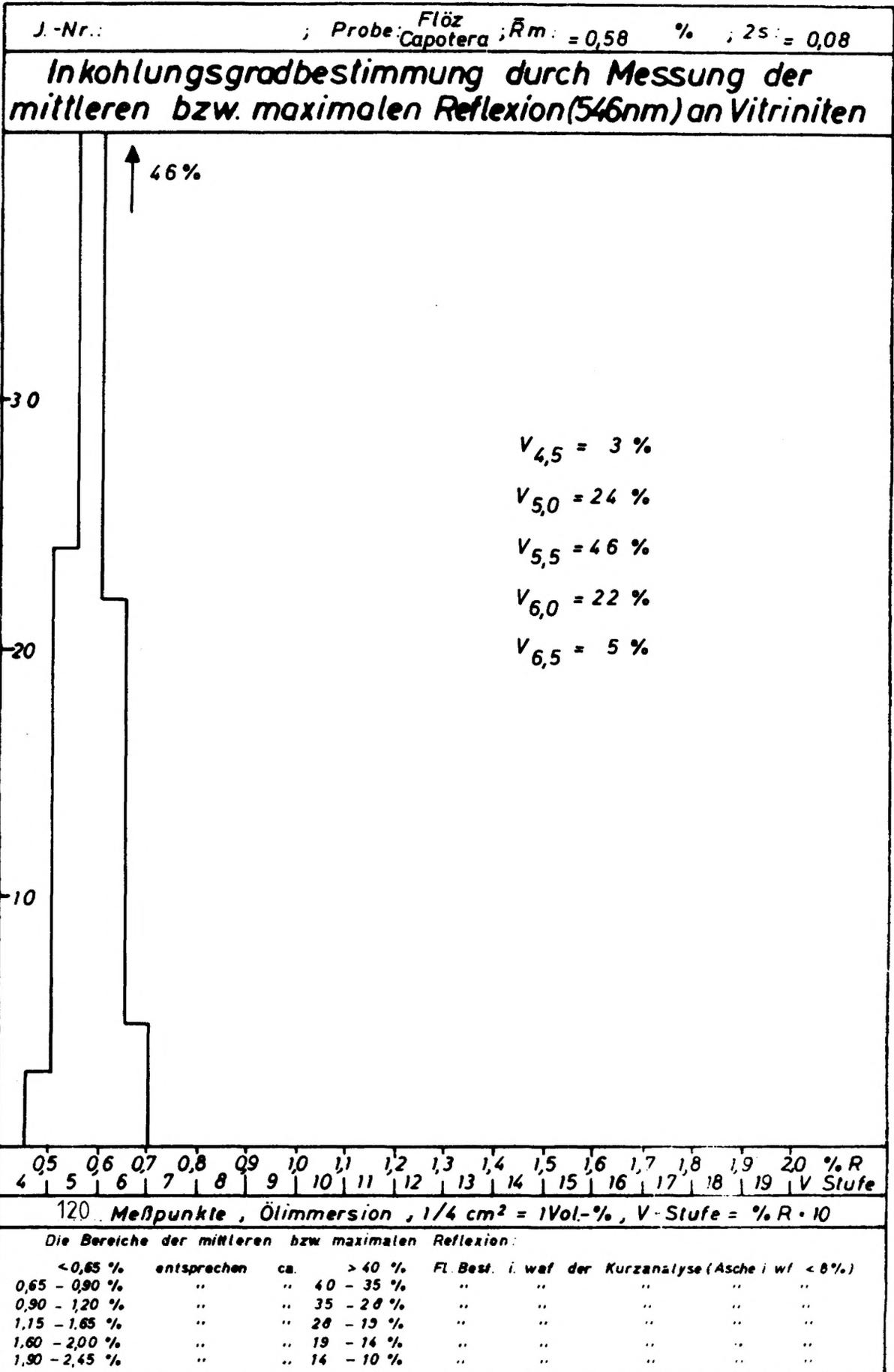


Abb. 10:

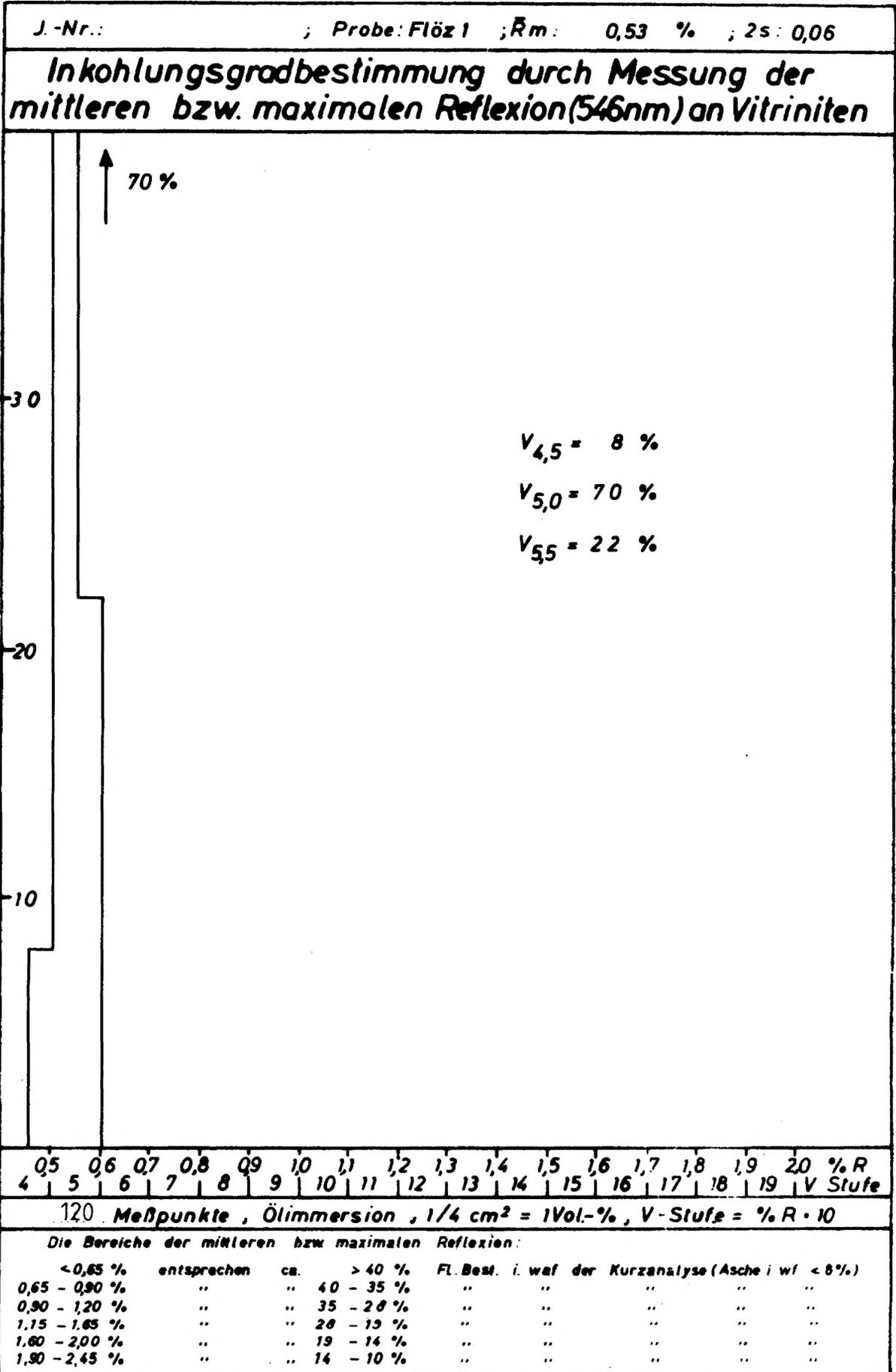


Abb. 11:

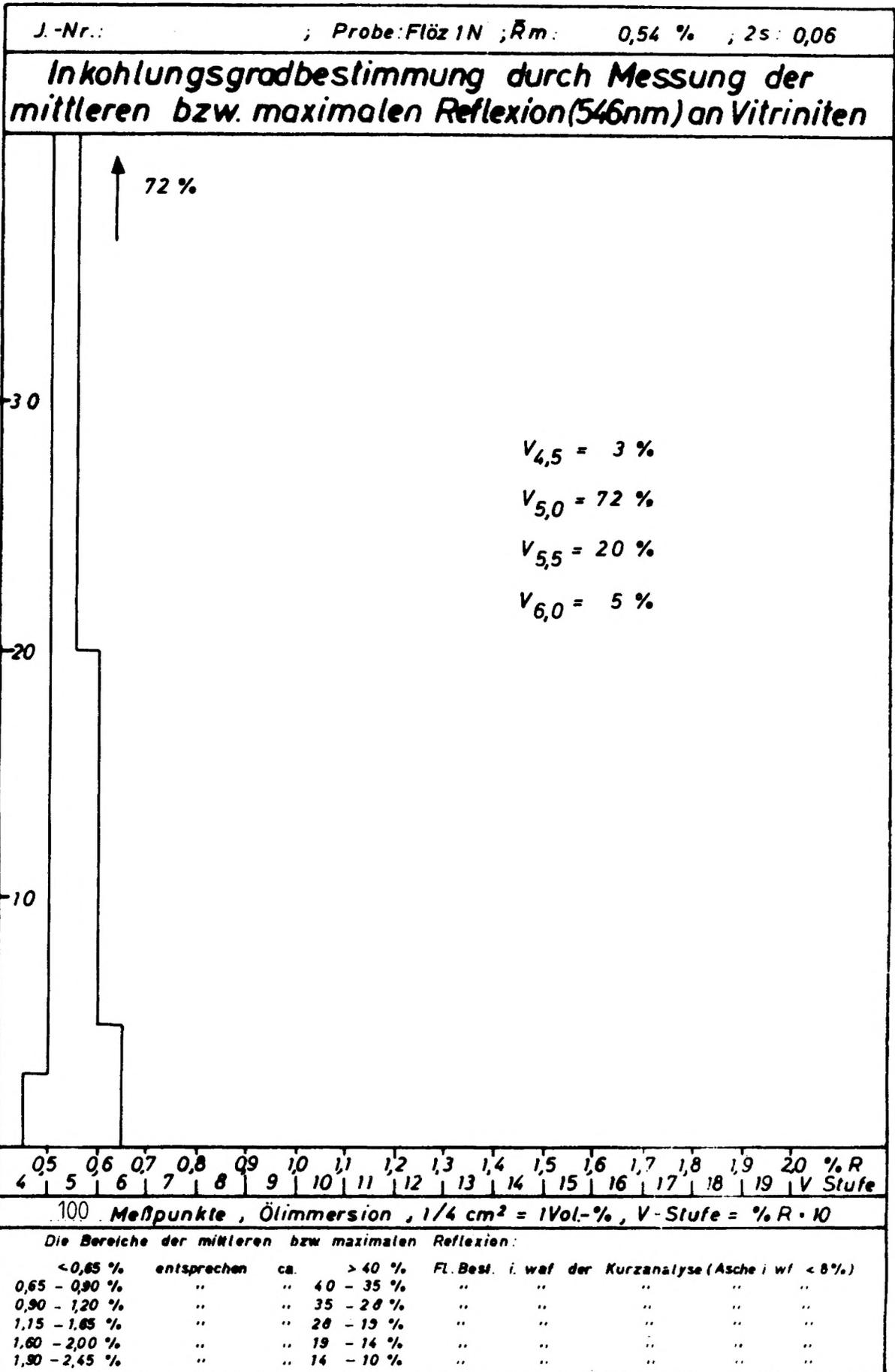


Abb. 12:

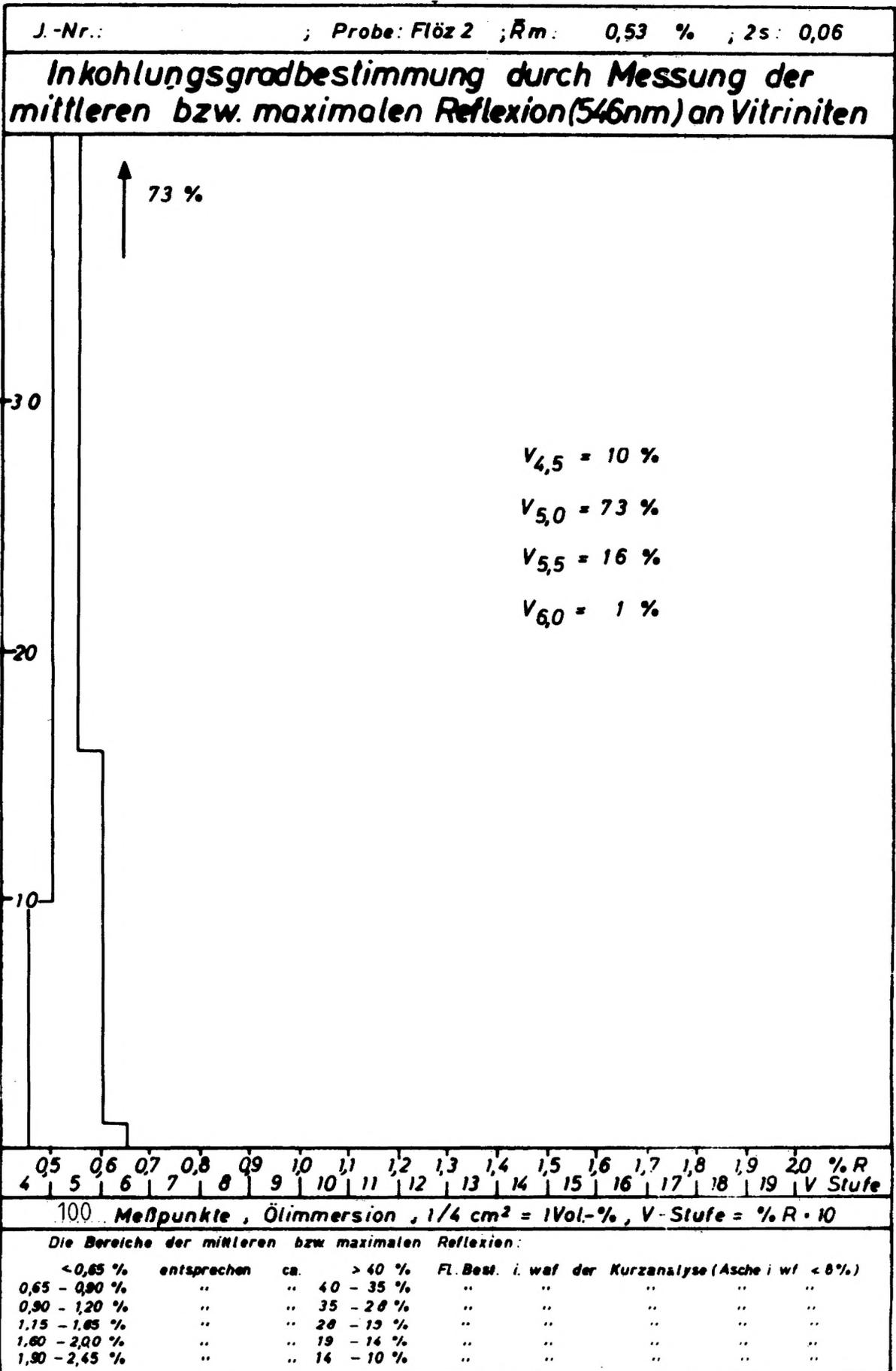


Abb. 13:

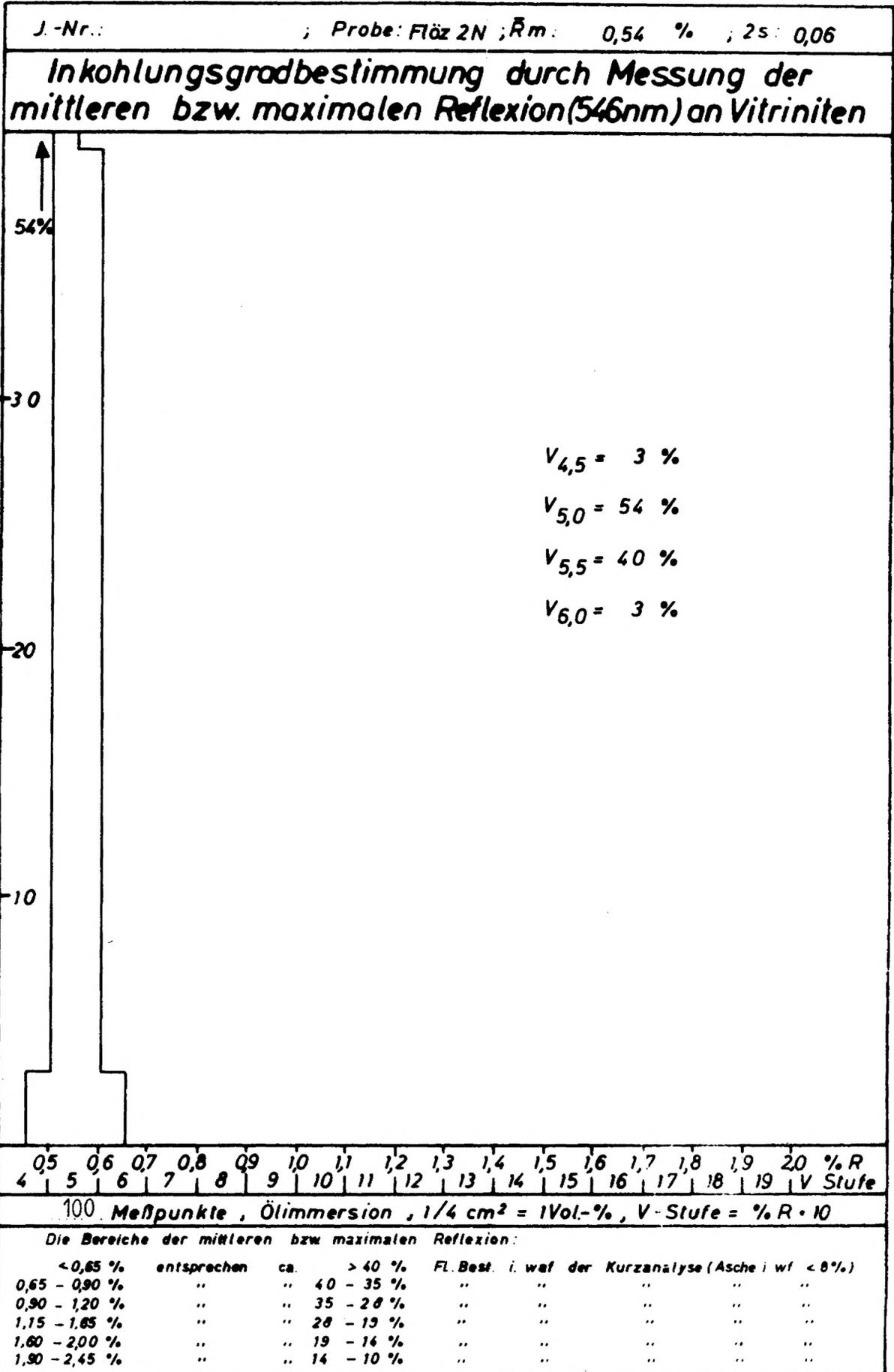


Abb. 14:

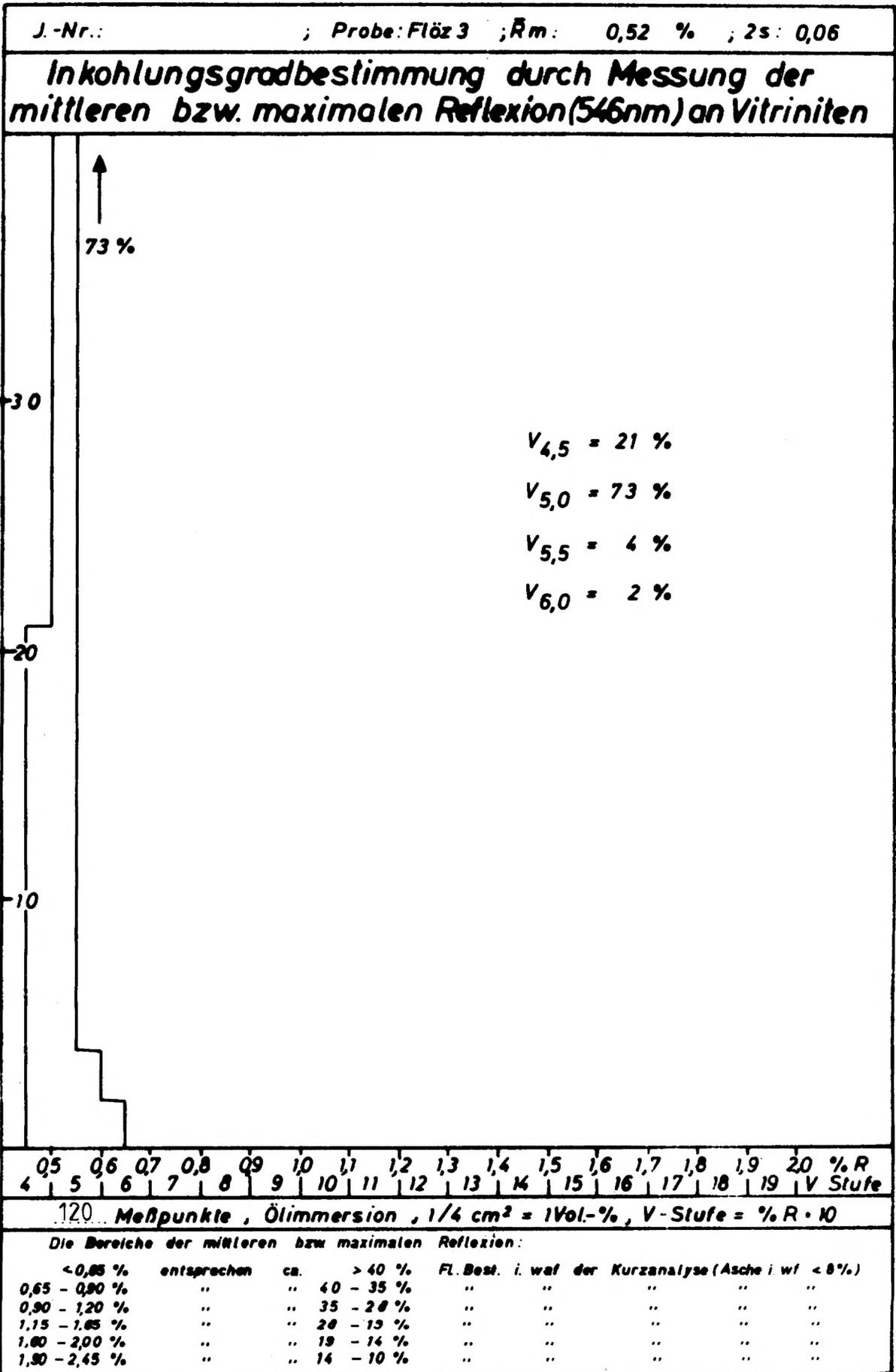


Abb. 15:

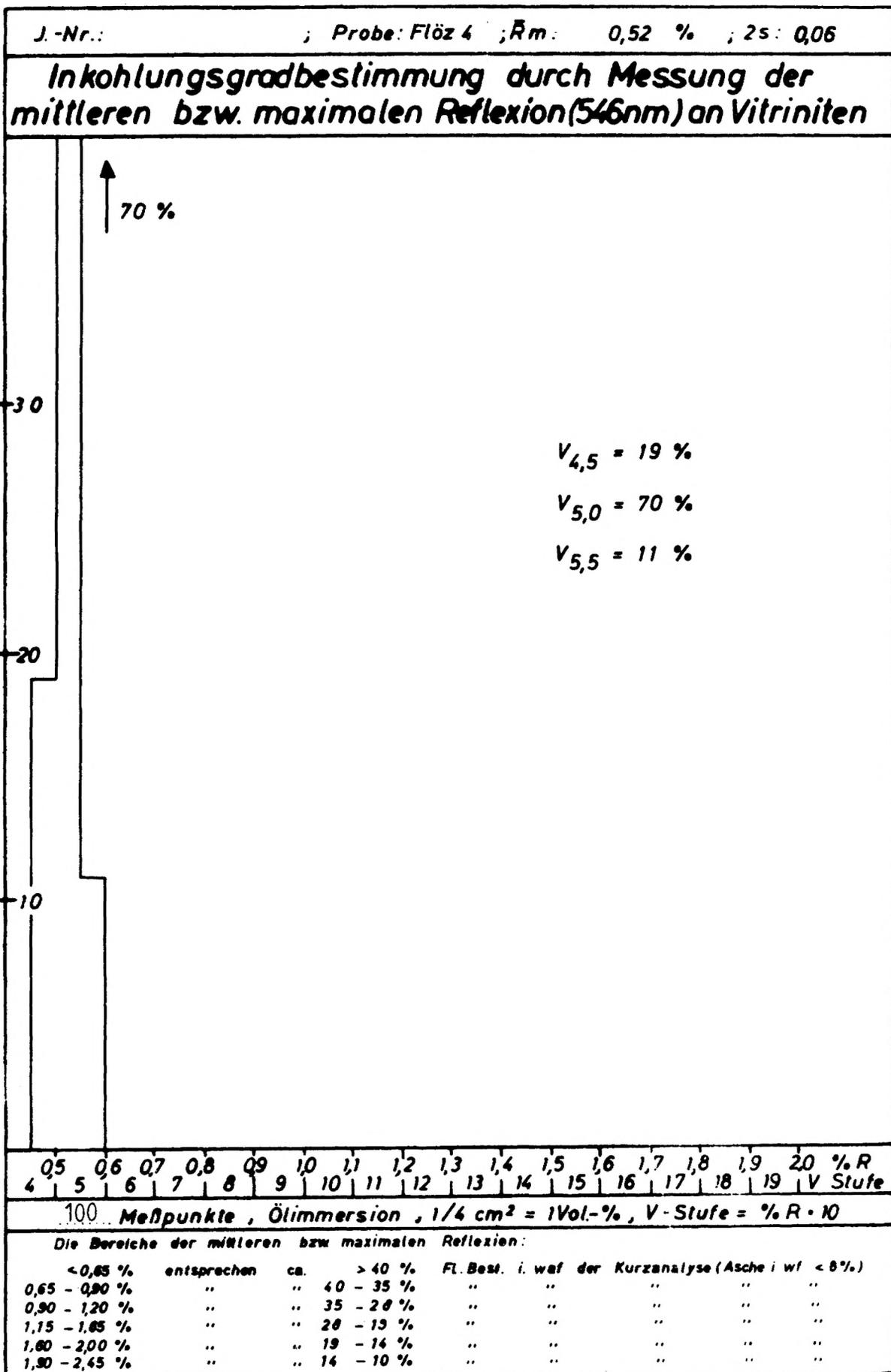
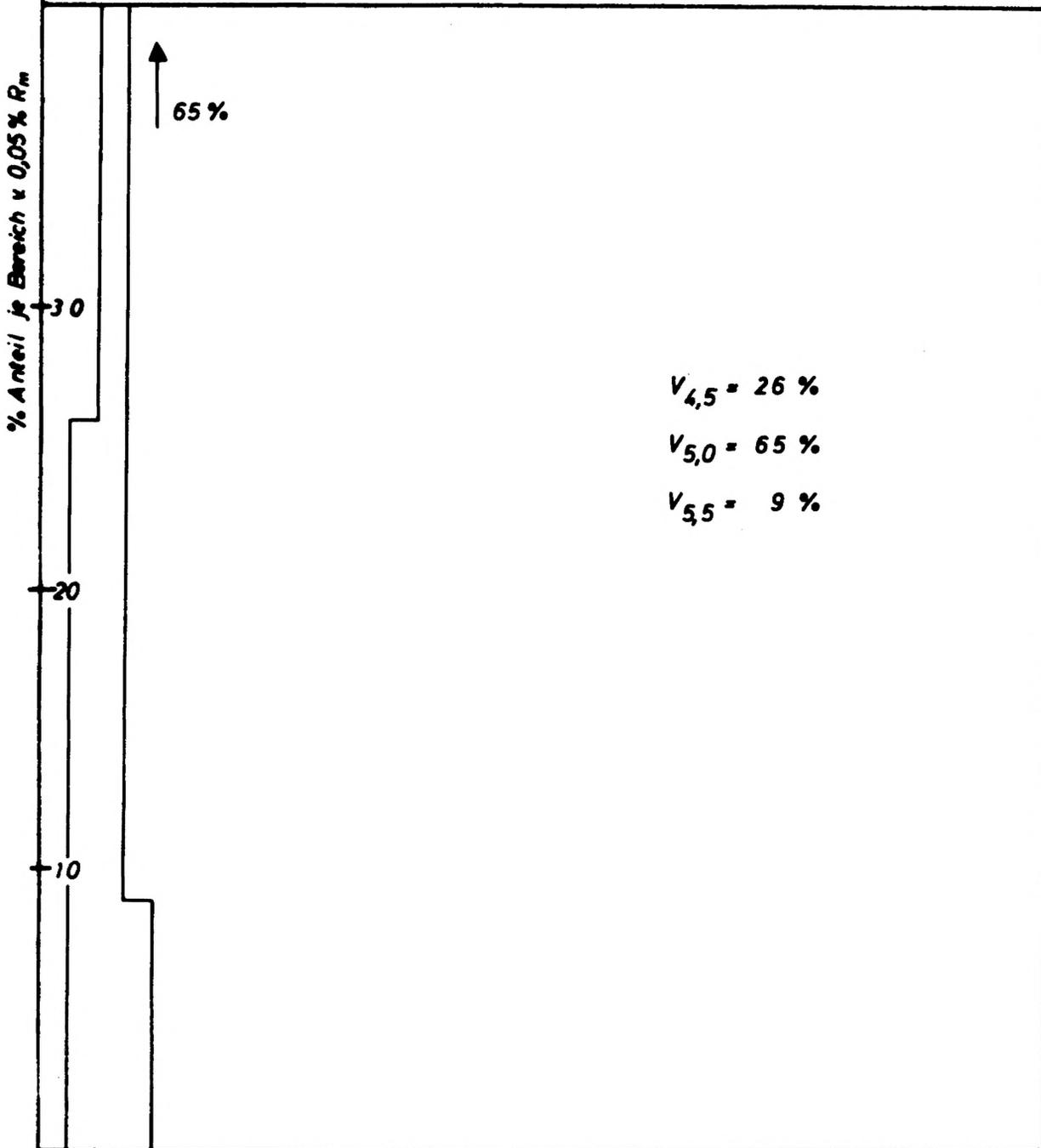


Abb. 16:

J.-Nr.: ; Probe: Flöz 5 ;  $R_m$ : 0,52 % ;  $2s$ : 0,06

**Inkohlungsgradbestimmung durch Messung der mittleren bzw. maximalen Reflexion (546nm) an Vitriniten**



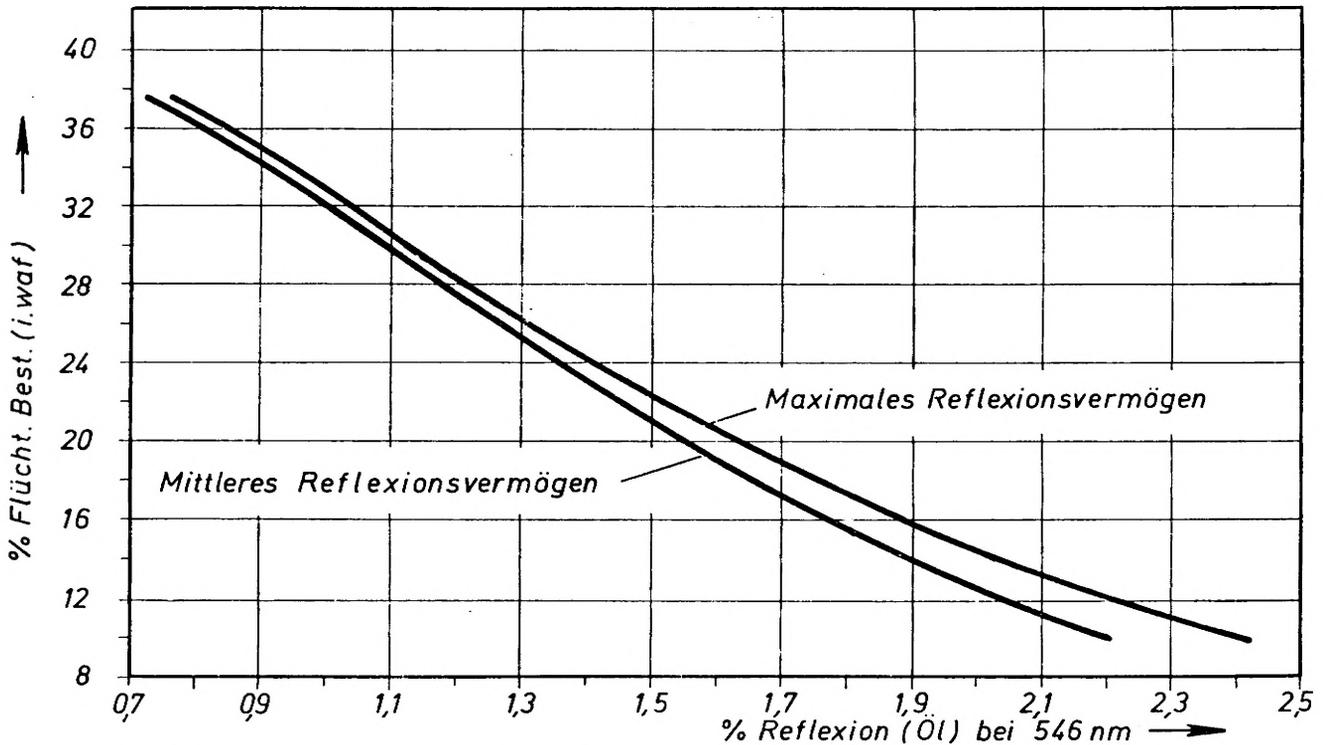
0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 % R  
4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 V Stufe

100 ... Meßpunkte , Ölimmersion ,  $1/4 \text{ cm}^2 = 1 \text{ Vol.-%}$  , V-Stufe = % R · 10

Die Bereiche der mittleren bzw. maximalen Reflexion:

< 0,85 %	entsprechen	ca.	> 40 %	Fl. Best. i. waf der Kurzanalyse (Asche i. waf < 8%)
0,65 - 0,90 %	"	"	40 - 35 %	" " " " "
0,90 - 1,20 %	"	"	35 - 28 %	" " " " "
1,15 - 1,65 %	"	"	28 - 19 %	" " " " "
1,60 - 2,00 %	"	"	19 - 14 %	" " " " "
1,90 - 2,45 %	"	"	14 - 10 %	" " " " "

Abb. 17:



Beziehungen zwischen dem Reflexionsvermögen (Mittelwertskurven der mittl. und maximalen Reflexion) und dem Gehalt an Flücht. Bestandteilen des Vitrinit

Abb. 18: aus BB 22020

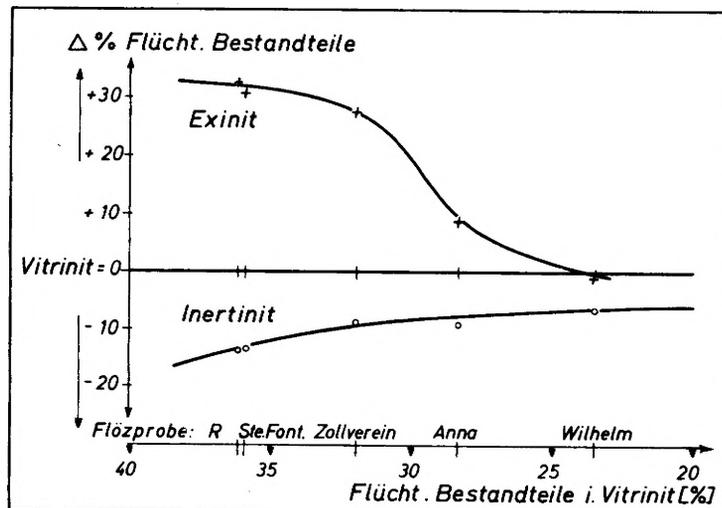
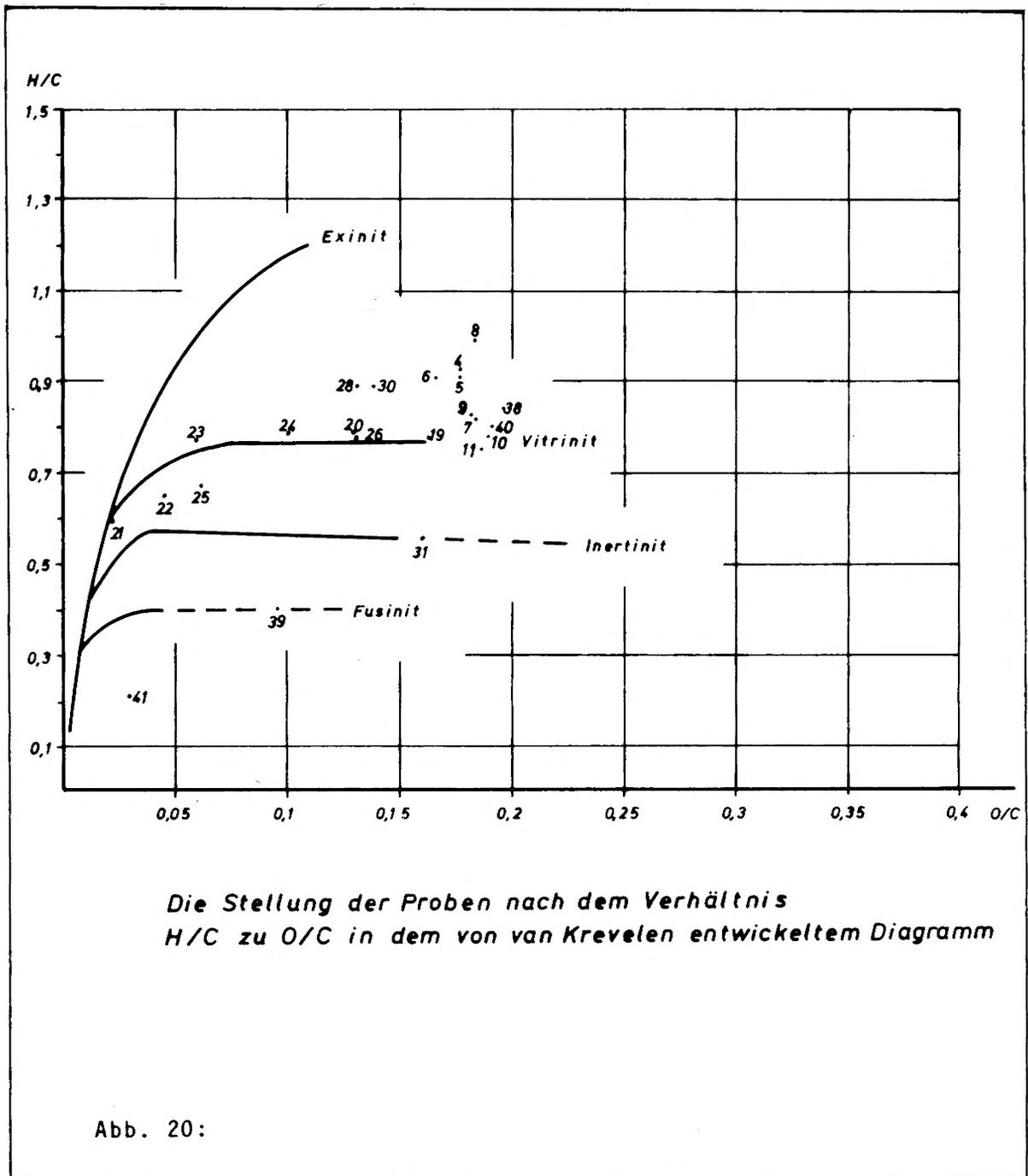


Abb. 19: Unterschiede im Gehalt an Flücht. Bestandteilen der Mazeralgruppen in Abhängigkeit v. Inkohlungsgrad (Werte nach Kröger)



Die Stellung der Proben nach dem Verhältnis H/C zu O/C in dem von van Krevelen entwickeltem Diagramm

Abb. 20:

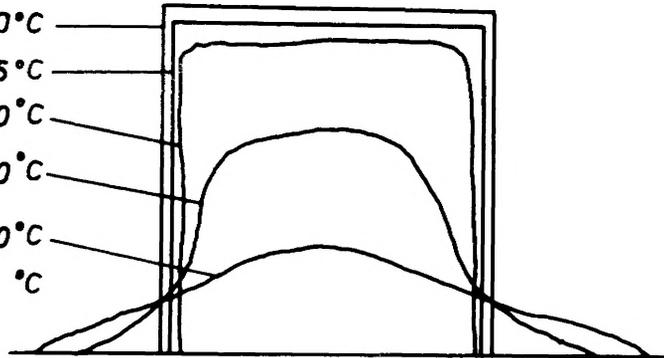
## Ascheschmelzverhalten

J. Nr.: 98-77/873000

Probe: Flöz 1

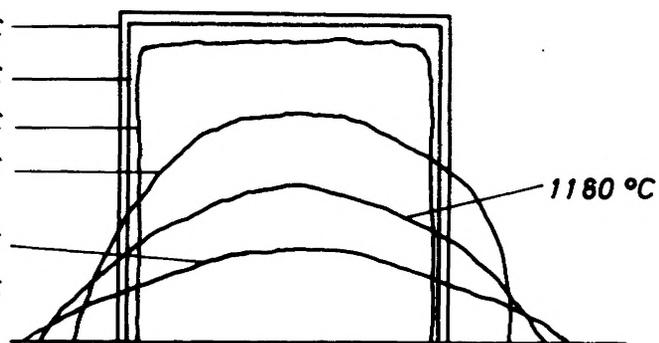
oxidierende Atmosphäre

Ausgangszustand : 20°C  
Sinterbeginn : 965°C  
Erweichungspunkt: 1030°C  
Halbkugelpunkt (Schmelzpunkt) : 1250°C  
Fließpunkt : 1310°C  
Blähbeginn : °C



schwach reduzierende Atmosphäre

Ausgangszustand : 20°C  
Sinterbeginn : 930°C  
Erweichungspunkt : 1060°C  
Halbkugelpunkt (Schmelzpunkt) : 1165°C  
Fließpunkt : ~ 1200°C  
Blähbeginn : °C



### chemische Analyse

SiO <sub>2</sub>	2,1 Gew.%	CaO	25,7 Gew.%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,8 Gew.%	K <sub>2</sub> O	0,8 Gew.%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,9 Gew.%	TiO <sub>2</sub>	Gew.%
SO <sub>3</sub>	19,0 Gew.%	MgO	0,6 Gew.%

Datum: 5.2.1979

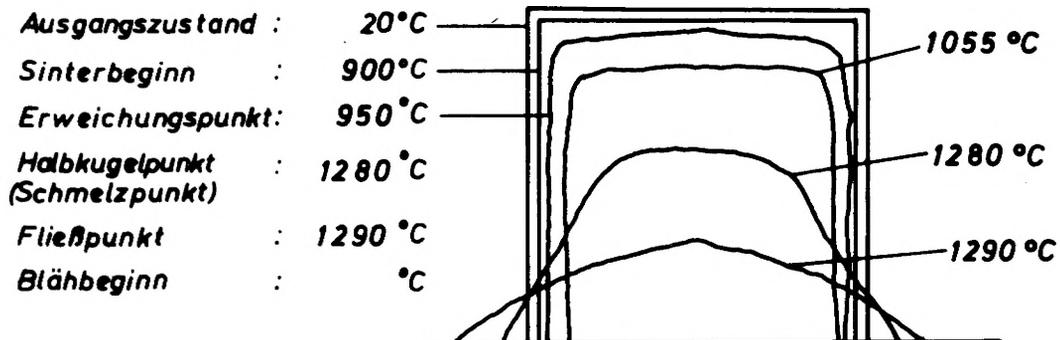
Abb. 21:

## Ascheschmelzverhalten

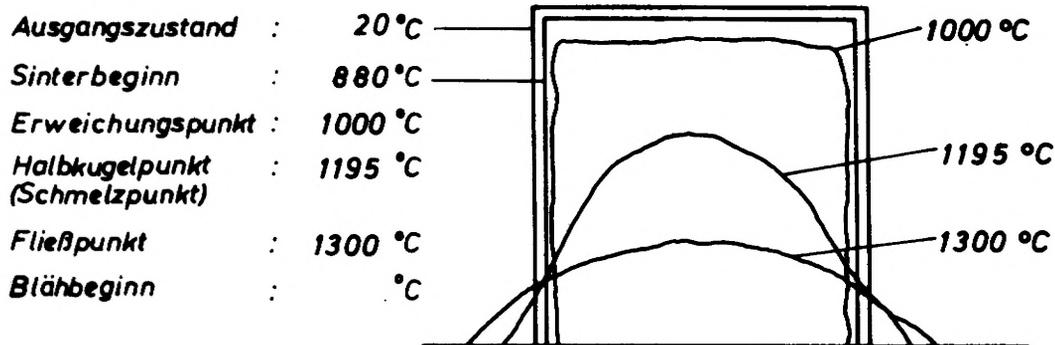
J. Nr.: 98 - 77 / 873 000

Probe: Flöz 3

oxidierende Atmosphäre



schwach reduzierende Atmosphäre



### chemische Analyse

SiO <sub>2</sub>	0,6 Gew. %	CaO	29,6 Gew. %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,1 Gew. %	K <sub>2</sub> O	0,5 Gew. %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,3 Gew. %	TiO <sub>2</sub>	Gew. %
SO <sub>3</sub>	17,2 Gew. %	MgO	1,3 Gew. %

Datum : 1.3.1979

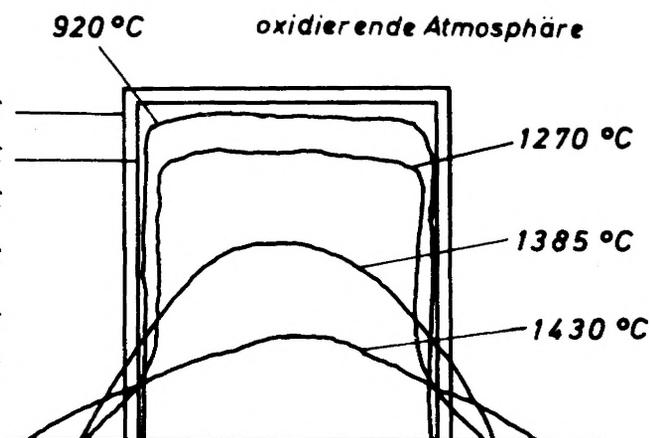
Abb. 22:

## Ascheschmelzverhalten

J. Nr.: 98-77/873000

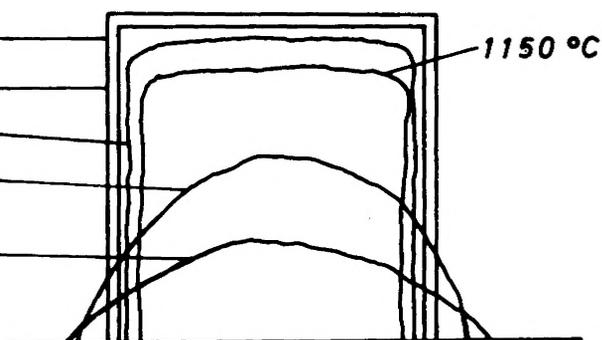
Probe: Flöz 2

Ausgangszustand : 20 °C  
 Sinterbeginn : 885 °C  
 Erweichungspunkt: 920 °C  
 Halbkugelpunkt (Schmelzpunkt) : 1385 °C  
 Fließpunkt : 1430 °C  
 Blähbeginn : °C



schwach reduzierende Atmosphäre

Ausgangszustand : 20 °C  
 Sinterbeginn : 1015 °C  
 Erweichungspunkt : 1105 °C  
 Halbkugelpunkt (Schmelzpunkt) : 1250 °C  
 Fließpunkt : 1270 °C  
 Blähbeginn : °C



### chemische Analyse

SiO <sub>2</sub>	7,5 Gew.%	CaO	14,7 Gew.%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,0 Gew.%	K <sub>2</sub> O	0,8 Gew.%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,5 Gew.%	TiO <sub>2</sub>	Gew.%
SO <sub>3</sub>	23,2 Gew.%	MgO	spuren

Datum : 7.2.1979

Abb. 23:



14. TABELLEN 1 - 28

Tab. 1: Probenaufstellung

<u>Amaga-Mulde</u>	Proben-Nr.	Grube	Flöz
a) Flözprofilsäulen	4	El Silencio	Capotera
	5	La Guali	1
	6	El Silencio	2
	7	El Silencio	3
	8	El Silencio	4
	9	El Silencio	5
	10	La Nechi	1N
	11	La Nechi	2N
b) Schlitzproben	3	Angelopolis	1
	4	El Silencio	Capotera
	5	La Guali	1
	6	El Silencio	2
	7	El Silencio	3
	8	El Silencio	4
	9	El Silencio	5
	10	La Nechi	1N
	11	La Nechi	2N
	12	Palomos	1
	13	Palomos	2
	14	Morro Plancho	Capo
	15	Morro Plancho	S. Arenosa
	16	Morro Plancho	Arenosa
	17	Morro Plancho	B. Arenosa
	18	Morro Plancho	Cachuda
<u>Titiribi- und Bo-</u>			
<u>lombolo-Mulde</u>			
Schlitzproben	1	Santa Ana	2
	2	Santa Ana	1
	19	Rincon Santos	1
	20	Rincon Santos	2
	21	La Luz	1
	22	La Luz	2
	23	Hulleras	Fundicion
	24	Hulleras	Fragua
	25	Excarbon	Incognita
	26	Excarbon	La Regular
	27	Excarbon	La Solapa
	28	Excarbon	La Cenizosa
	29	Excarbon	La Grande
	30	Excarbon	La Mejia
	31	Peldar	La Cenizosa
	32	Los Micos	Las Mellizas
	33	Los Micos	La Cenizosa
	34	Corcobado	La Cenizosa
	35	Corcobado	La Solapuda
	36	Corcobado	La Mejia
	37	Sabaletas	La Grande
	38	Sabaletas	La Solapuda
	39	Sabaletas	Carbon Duro
	40	El Socorro	1
	41	Geominas	1

Tab. 2: Übersicht über die Macerale der Steinkohle

Maceralgruppe	Maceral	Submaceral <sup>+</sup>	Maceralvarietät <sup>+</sup>	Kryptomaceral <sup>+</sup>
Vitrinit	Telinit  Collinit  Vitrodetrinit	Telocollinit Gelocollinit Desmocollinit Corpocollinit	Cordaitelinit Fungitelinit Xylotelinit	Kryptotelinit Kryptocorpo- collinit
Exinit	Sporinit  Kutinit Resinit Alginit Liptodetrinit		Tenuisporinit Crassisporinit Mikrosporinit Makrosporinit	
Inertinit	Mikrinit Makrinit Semifusinit Fusinit  Sklerotinit  Inerto- detrinit	Pyro- fusinit  Degrado- fusinit	Plectenchyminit Sklerotien Pseudosklerotien	

<sup>+</sup> unvollständig, kann beliebig erweitert werden

Mikrolithotyp ( >50 $\mu$ Streifenbreite)	Beteiligte Maceralgruppen jeweils > 5 Vol.-%
<u>Monomaceralisch</u>	
Vitrit	Vitrinit = > 95 Vol.-%
Liptit	Exinit = > 95 Vol.-%
Inertit	Inertinit = > 95 Vol.-%
<u>Bimaceralisch</u>	
Clarit	Vitrinit+Exinit = > 95 Vol.-%
Durit	Inertinit+Exinit = > 95 Vol.-%
Vitrinertit	Vitrinit+Inertinit = > 95 Vol.-%
<u>Trimaceralisch</u>	
Trimacerit	Vitrinit+Exinit+ Inertinit = > 95 Vol.-%

Tab. 3: Mikrolithotypen und ihre Maceralgruppenzusammensetzung

Verwachsung Kohle mit einem bestimmten Mineral bzw. einer Mineralgruppe	Zusammensetzung
Carbargilit	Kohle + 20 - 60 Vol.-% Tonminerale
Carbankerit	Kohle + 20 - 60 Vol.-% Karbonatspäte
Carbosilicite	Kohle + 20 - 60 Vol.-% Quarz
Carbopyrit	Kohle + 5 - 20 Vol.-% Sulfidische Erze
Carbopolymerit	Kohle + 20 - 60 Vol.-% Mineral- <sup>*)</sup> substanz

Tab. 4: Carbominerite

\*) Die untere Grenze kann sich in Abhängigkeit von Pyritgehalt bis auf 5 % verschieben.

Telinit in Vitrit
Telinit in Clarit
Telinit in Vitrinertit
Telinit in Trimacerit
Telinit in Carbominerit
Telinit in Berge
Cutinit in Liptit
Cutinit in Clarit
Cutinit in Durit
Cutinit in Trimacerit
Cutinit in Carbominerit
Cutinit in Berge
Sklerotinit in Inertit
Sklerotinit in Vitrinertit
Sklerotinit in Durit
Sklerotinit in Trimacerit
Sklerotinit in Carbominerit
Sklerotinit in Berge

Tab. 5: Beispiel für Verwachsungskategorien

Tabelle Nr. 6 A

Zusammensetzung der Vitrain-Lagen vom Flöz Capotera

LAGE	MÄCHTIG- KEIT	MIKROLITHOTYPEN in Vol.-%														CARBO- MINERIT + BERGE
		MACERALGRUPPEN in Vol.-%														
Nr.	mm	VITRIT	LIPTIT	INERTIT	CLARIT		VITRINERTIT		DURIT		TRIMACERIT					
					V	E	V	I	E	I	V	E	I			
6	97 - 102	95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5		
8	135 - 140	65	-	-	21		5				4			5		
					85	15	80	20			50	25	25			
10	186 - 222	90	-	-	7		3							-		
					87	13	58	42								
19	649 - 656	93	-	-	6		1							-		
					66	34	50	50								
23	848 - 858	74	-	-	16		6							4		
					91	9	71	29								
29	991 - 1002	93	-	-	7									-		
					93	7										
40	1339 - 1345	100	-	-	-									-		
	gewogenes Mittel	88,2			8,2		2,5							1,1		
	Streuung ±	3,6			2,0		0,8							0,8		

Tabelle Nr. 6 B

Zusammensetzung der Clarain-Lagen vom Flöz Capotera

LAGE	MÄCHTIG- KEIT	MIKROLITHOTYPEN in Vol.-%														CARBO- MINERIT + BERGE
		MACERALGRUPPEN in Vol.-%														
Nr.	mm	VITRIT	LIPTIT	INERTIT	CLARIT		VITRINERTIT		DURIT		TRIMACERIT					
					V	E	V	I	E	I	V	E	I			
11	222 - 330	21	-	-	55		6				18			-		
					77	23	75	25			51	24	25			
13	422 - 440	14	-	-	62		3				21			-		
					66	34	56	44			57	24	19			
15	478 - 515	11	-	-	49		8				31			1		
					74	26	84	16			62	26	12			
17	605 - 611	6	-	-	45		7				42			-		
					83	17	78	22			76	13	11			
21	717 - 781	40	-	-	36		10				14			-		
					81	19	85	15			72	9	19			
25	869 - 891	41	-	-	43						15			1		
					84	16					54	17	29			
27	932 - 982	17	-	-	49		6				28			-		
					84	16	82	18			64	21	15			
30	1002 - 1038	24	-	-	52		3				15			6		
					78	22	54	46			64	12	24			
32	1077 - 1090	33	-	-	44		2				14			7		
					75	25	80	20			54	27	19			
34	1116 - 1144	36	-	-	43		10				10			1		
					82	18	92	8			54	22	24			
36	1165 - 1217	13	-	-	65		6				16			-		
					90	10	77	23			78	11	11			
38	1256 - 1281	42	-	-	29		9				18			2		
					87	13	82	18			87	5	8			
	gewogenes Mittel	24,6			48,8		6,4				19,2			1,0		
	Streuung ±	3,4			3,0		0,8				2,7			0,6		

Tabelle Nr. 6 C

## Zusammensetzung der Durain-Lagen vom Flöz Capotera

LAGE	MÄCHTIG- KEIT	MIKROLITHOTYPEN in Vol.-%															CARBO- MINERIT + BERGE	
		MACERALGRUPPEN in Vol.-%																
Nr.	mm	VITRIT	LIPTIT	INERTIT	CLARIT		VITRINERTIT		DURIT			TRIMACERIT						
					V	E	V	I	E	I	V	E	I					
3	13 - 40	5	-	-	54	70	30	2	80	20	-	-	-	20	57	21	22	19
5	15 - 97	2	-	-	50	73	27	-	-	-	-	-	-	39	61	21	18	9
7	102 - 135	11	-	-	57	83	17	5	55	45	-	-	-	21	67	12	21	6
9	140 - 186	11	-	-	67	80	20	3	70	30	-	-	-	14	62	14	24	5
12	330 - 422	2	-	-	72	84	16	2	77	23	-	-	-	23	60	21	19	1
14	440 - 478	8	-	-	67	68	32	4	94	6	-	-	-	21	64	23	13	-
16	515 - 605	13	-	-	62	76	24	4	75	25	-	-	-	21	61	20	19	-
18	611 - 649	5	-	-	48	89	11	2	64	36	-	-	-	44	69	13	18	1
20	656 - 717	8	-	-	59	84	16	2	70	30	-	-	-	30	67	15	18	1
22	781 - 848	19	-	-	55	65	35	8	84	16	-	-	-	15	72	19	9	3
24	858 - 869	16	-	-	63	81	19	4	89	11	-	-	-	8	50	44	6	9
26	891 - 932	8	-	-	55	78	22	8	76	24	-	-	-	29	50	25	25	-
28	982 - 991	8	-	-	53	73	27	6	89	11	-	-	-	29	66	22	12	4
31	1038 - 1077	6	-	-	57	74	26	3	65	35	-	-	-	25	53	31	16	9
33	1090 - 1116	3	-	-	70	79	21	-	-	-	-	-	-	21	56	31	13	6
35	1144 - 1165	6	-	1	61	74	26	1	34	66	-	-	-	31	49	37	14	-
37	1217 - 1256	9	-	1	60	88	12	4	69	31	-	-	-	20	69	17	14	6
41	1345 - 1387	17	-	-	35	82	18	6	83	17	-	-	-	20	69	15	16	22
	gewogenes Mittel	8,8			58,8			3,5						24,3				4,6
	Streuung ±	1,2			12,16			0,57						1,91				1,44

Tabelle Nr. 7 A

## Zusammensetzung der Vitrain-Lagen vom Flöz 1

LAGE	MÄCHTIG- KEIT	Nr.	mm	MIKROLITHOTYPEN in Vol.-% MACERALGRUPPEN in Vol.-%									CARBO- MINERIT <sup>+</sup>	BERGE				
				VITRIT	LIPTIT	INERTIT	CLARIT		VITRINERTIT		DURIT				TRIMACERIT			
							V	E	V	I	E	I	V	E	I			
		3	33 - 52	95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
		5	64 - 72	94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	
		7	77 - 107	93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	
		9	114 - 126	86	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	
		11	133 - 173	98	-	-	-	87	13	-	-	-	-	-	-	-	2	
		13	178 - 218	96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	
		36	706 - 712	85	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		45	899 - 911	28	-	-	64	85	15	1	-	-	6	-	-	-	1	
		56	1018 - 1027	43	-	-	34	83	17	7	90	10	9	72	14	14	7	
		59	1052 - 1057	96	-	-	4	87	13	-	77	23	-	88	6	6	-	
		63	1103 - 1129	86	-	-	5	94	6	-	-	-	-	-	-	-	9	
		79	1438 - 1444	65	-	-	20	64	36	3	-	-	6	-	-	-	6	
		97	1723 - 1738	93	-	-	3	94	6	-	67	33	-	72	14	14	5	
		100	1750 - 1758	94	-	-	2	83	17	-	-	-	-	-	-	-	4	
		102	1763 - 1778	96	-	-	3	92	8	-	-	-	-	-	-	-	1	
		104	1783 - 1797	91	-	-	-	91	9	-	-	-	-	-	-	-	9	
		106	1802 - 1807	89	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	5	
		110	1837 - 1878	46	-	-	23	-	-	14	92	8	-	-	-	-	3	
		124	2036 - 2043	83	-	-	9	91	9	8	68	32	-	70	14	16	-	
		126	2063 - 2075	93	-	-	-	91	9	-	89	11	-	-	-	-	7	
		130	2101 - 2108	89	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
								88	12	-	-	-	-	-	-	-		
			gewogenes Mittel	83,0	-	-	8,0			2,3			2,3				4,4	
			Streuung ±	4,6	-	-	3,2			1,0			1,0				0,6	

Tabelle Nr. 7 B

Zusammensetzung der Clarain-Lagen vom Flöz 1

LAGE	MÄCHTIG- KRIT	mm	VITRIT	LIPTIT	INERTIT	MIKROLITHOTYPEN in Vol.-%						MACERALGRUPPEN in Vol.-%			CARBO- MINERIT	BERGE		
						CLARIT	VITRINERTIT	DURIT	TRINACERIT	V	E	I	V	E			I	
1	0 - 23	9	-	-	78	V 73	E 27	-	V	I	-	E	I	9	V 61	E 25	I 14	4
6	72 - 77	52	-	2	30	79	21	1	95	5	-	-	-	15	57	29	14	-
15	266 - 278	7	-	-	85	73	27	-	-	-	-	-	-	8	88	6	6	-
17	302 - 313	12	-	-	66	72	28	-	-	-	-	-	-	19	68	16	16	3
19	319 - 333	29	-	-	58	71	29	6	88	12	-	-	-	7	80	5	15	-
21	352 - 363	12	-	-	73	75	25	2	60	40	-	-	-	13	69	24	7	-
23	369 - 389	9	3	-	54	75	25	4	80	20	1	-	-	27	52	28	20	2
25	436 - 442	14	-	-	60	83	17	-	-	-	-	-	-	22	62	18	20	4
27	537 - 546	10	-	-	78	62	38	1	95	5	-	-	-	11	65	30	5	-
29	574 - 587	23	-	-	71	64	36	-	-	-	-	-	-	6	50	31	19	-
31	598 - 604	10	-	-	82	60	40	-	-	-	-	-	-	13	68	19	13	-
33	624 - 630	22	-	-	64	78	22	-	-	-	-	-	-	13	80	13	7	1
35	701 - 706	26	4	-	63	70	30	-	-	-	-	-	-	7	66	17	17	-
40	759 - 772	7	-	-	55	84	16	-	-	-	-	-	-	38	79	10	11	-
42	805 - 838	7	-	-	87	65	35	1	90	10	-	-	-	5	63	19	18	-
44	869 - 899	7	1	-	71	78	22	1	86	14	-	-	-	20	60	22	18	1
47	917 - 923	42	-	-	48	88	12	1	95	5	-	-	-	4	50	25	25	5
49	934 - 947	24	-	-	58	71	29	9	75	25	-	-	-	8	72	23	5	1
51	952 - 958	9	-	-	68	78	22	1	5	95	-	-	-	22	68	16	16	-
53	980 - 990	20	-	-	59	62	38	-	-	-	-	-	-	13	56	24	20	8
55	1005 - 1018	14	-	-	79	83	17	-	-	-	-	-	-	7	90	5	5	-
57	1027 - 1046	19	-	-	68	77	23	2	90	10	-	-	-	10	65	23	12	1
61	1063 - 1098	12	-	-	76	70	30	-	-	-	-	-	-	11	46	41	13	1
65	1182 - 1203	9	-	-	63	80	20	1	15	85	-	-	-	27	67	16	17	-
67	1208 - 1213	12	-	-	69	68	32	2	90	10	-	-	-	17	82	6	12	-
69	1223 - 1228	9	-	-	58	81	19	8	71	29	-	-	-	25	65	5	30	-
71	1266 - 1276	13	-	-	67	81	19	2	80	20	-	-	-	16	73	15	12	2
73	1324 - 1331	7	-	-	45	72	28	7	51	49	-	-	-	32	68	14	18	10
75	1386 - 1400	10	-	-	75	68	32	-	-	-	-	-	-	13	60	15	25	2
77	1414 - 1424	49	-	-	42	80	20	4	91	9	-	-	-	4	66	11	23	1
80	1444 - 1451	24	-	-	43	75	25	6	88	12	-	-	-	20	41	54	5	7
82	1461 - 1476	38	-	-	53	74	26	1	94	6	-	-	-	6	55	33	12	2
84	1481 - 1493	13	-	-	71	75	25	2	93	7	-	-	-	12	58	11	31	2
86	1515 - 1553	8	-	-	75	73	27	1	55	45	-	-	-	14	68	15	17	2
88	1565 - 1573	18	-	-	63	70	30	3	75	25	-	-	-	12	30	40	30	4
90	1581 - 1596	7	-	-	74	69	31	3	44	56	-	-	-	16	50	28	22	-
92	1634 - 1661	9	-	-	73	72	28	2	70	30	1	-	-	15	61	26	13	-
94	1667 - 1675	9	-	-	72	69	31	1	20	80	-	-	-	18	61	17	22	-
96	1707 - 1723	9	-	-	67	81	19	2	92	8	-	-	-	22	53	23	24	-
98	1738 - 1743	29	-	-	59	71	29	-	-	-	-	-	-	12	73	9	18	-
101	1758 - 1763	50	-	-	24	78	22	5	94	6	-	-	-	21	48	38	14	-
103	1778 - 1783	48	-	-	21	82	18	4	91	9	-	-	-	20	82	6	12	7
105	1797 - 1802	17	-	-	59	80	20	-	-	-	-	-	-	24	68	18	14	-
107	1807 - 1816	44	-	-	25	74	26	5	95	5	-	-	-	20	33	48	19	6
109	1822 - 1837	18	-	-	52	82	18	6	85	15	-	-	-	24	69	18	13	-
111	1878 - 1883	7	3	-	62	88	12	3	93	7	-	-	-	25	67	17	16	-
113	1897 - 1902	7	-	-	83	66	34	-	-	-	-	-	-	12	70	20	10	-
115	1912 - 1919	3	-	-	73	81	19	1	94	6	-	-	-	23	75	19	6	-
117	1925 - 1935	3	-	-	75	66	34	3	90	10	-	-	-	19	46	30	24	-
119	1945 - 1965	19	-	-	63	76	24	2	92	8	-	-	-	15	56	23	21	1
121	1971 - 1981	4	-	-	83	91	9	-	-	-	-	-	-	13	70	16	24	-
123	2031 - 2036	50	-	-	43	90	10	-	-	-	-	-	-	6	80	15	5	-
125	2043 - 2063	41	-	-	48	93	7	-	-	-	-	-	-	11	71	22	7	-
127	2075 - 2082	24	-	-	66	87	13	1	95	5	-	-	-	9	83	9	8	-
129	2088 - 2101	24	-	-	41	91	9	-	-	-	-	-	-	35	63	11	26	-
gewogenes Mittel			16,1	-	-	65,6		1,7	-	-	-	-	-	15,4				1,2
Streuung ±			1,6	-	-	1,9		0,3	-	-	-	-	-	1,1				0,3

Tabelle Nr. 7 C

Zusammensetzung der Durain-Lagen vom Flöz 1

LAGE	MÄCHTIG- KEIT	MIKROLITHOTYPEN in Vol.-%												MACERALGRUPPEN in Vol.-%		
		VITRIT	LIPTIT	INERTIT	CLARIT	VITRINERTIT		DURIT		TRIMACERIT		CARBO-MINERIT* BERGE				
Nr.	mm					V	E	V	I	E	I	V	E	I		
2	23 - 33	2	-	-	66	81	19	-	-	-	-	28	68	18	14	4
4	52 - 64	32	-	-	54	82	18	-	-	-	-	11	64	28	8	3
8	107 - 114	-	-	-	60	83	17	-	-	-	-	40	68	14	18	-
10	126 - 133	1	-	-	70	81	19	1	83	17	-	26	72	11	17	-
12	173 - 178	-	-	-	80	72	28	-	-	-	-	20	71	10	19	-
14	218 - 266	2	-	-	81	66	34	-	-	-	-	16	63	26	11	1
16	278 - 302	2	-	-	77	72	28	-	-	-	-	21	76	17	7	-
18	313 - 319	2	-	-	83	77	23	-	-	-	-	15	82	6	12	-
20	333 - 352	6	-	-	86	70	30	-	-	-	-	8	84	10	6	-
22	363 - 369	1	-	-	73	62	38	-	-	-	-	25	61	25	14	1
24	389 - 436	2	-	-	77	70	30	1	80	20	-	17	77	13	10	3
26	442 - 537	3	-	-	71	70	30	1	75	25	-	24	73	12	15	-
28	546 - 574	3	-	-	79	55	45	1	87	13	-	17	62	22	16	-
30	587 - 598	4	2	-	80	69	31	-	-	-	-	13	58	31	11	1
32	604 - 624	-	-	-	77	80	20	-	-	-	-	22	61	21	18	1
34	630 - 701	5	-	-	72	48	52	1	90	10	-	21	47	40	13	1
37	712 - 726	4	-	-	88	41	59	-	-	-	-	8	49	42	9	-
39	736 - 759	5	-	-	87	61	39	-	-	-	-	6	70	15	15	2
41	772 - 805	5	-	-	68	63	37	1	85	15	-	25	70	21	9	1
43	838 - 869	5	-	-	83	69	31	2	79	21	-	10	66	14	20	-
46	911 - 917	1	-	-	85	59	41	1	90	10	-	13	60	27	13	1
48	923 - 934	-	3	-	80	40	60	1	75	25	-	15	56	31	13	1
50	947 - 952	15	-	-	72	60	40	1	85	15	-	12	80	10	10	-
52	958 - 980	3	-	-	83	58	42	-	-	-	-	12	50	34	16	2
54	990 - 1005	8	-	-	78	61	39	1	92	8	-	13	64	30	6	-
58	1046 - 1052	-	6	-	85	34	66	-	-	-	-	9	18	73	9	-
60	1057 - 1063	15	-	-	79	50	50	-	-	-	-	6	43	29	28	-
62	1098 - 1108	-	-	-	78	66	34	-	-	-	-	21	52	34	14	1
64	1129 - 1182	3	-	2	74	78	22	-	-	-	-	20	65	15	20	1
66	1203 - 1208	2	-	-	86	69	31	-	-	-	-	8	74	13	13	4
68	1213 - 1223	1	-	-	66	72	28	6	73	27	-	25	75	19	6	2
70	1228 - 1266	6	-	-	65	73	27	1	89	11	-	24	73	18	9	4
72	1276 - 1324	4	-	-	66	76	24	-	-	-	-	27	66	18	16	2
74	1331 - 1386	3	-	-	74	73	27	1	87	13	-	20	72	19	9	2
76	1400 - 1414	4	-	-	77	70	30	-	-	-	-	18	70	17	13	-
78	1424 - 1438	2	3	-	77	70	30	-	-	-	-	18	70	17	13	-
81	1451 - 1461	-	-	1	66	71	29	2	67	33	-	31	55	28	17	-
83	1476 - 1481	-	-	-	76	78	22	-	-	-	-	24	68	16	16	-
85	1493 - 1515	1	-	-	77	69	31	-	-	-	-	22	70	12	18	-
87	1553 - 1565	4	-	-	83	72	28	-	-	-	-	12	61	27	12	1
89	1573 - 1581	3	-	-	73	19	81	1	24	76	1	22	36	36	28	-
91	1596 - 1634	4	-	-	81	69	31	-	-	-	-	14	52	29	19	1
93	1661 - 1667	5	-	-	73	57	43	-	-	-	-	20	49	34	17	2
95	1675 - 1707	3	-	-	85	72	28	1	30	70	-	10	57	20	23	1
99	1743 - 1750	-	-	-	60	58	42	-	-	-	-	40	37	46	17	-
108	1816 - 1822	-	4	-	59	34	66	-	-	-	2	35	24	53	23	-
112	1883 - 1897	2	-	-	77	71	29	-	-	-	-	21	71	17	12	-
114	1902 - 1912	3	1	-	72	78	22	-	-	-	-	24	73	15	12	-
116	1919 - 1925	-	1	-	72	66	34	-	-	-	-	27	45	39	16	-
118	1935 - 1945	2	-	-	53	36	64	-	-	-	-	45	49	29	22	-
120	1965 - 1971	3	-	3	83	68	32	-	-	-	-	11	38	23	39	-
122	1981 - 2031	7	-	-	70	83	17	1	70	30	-	22	74	10	16	-
128	2082 - 2088	3	-	-	78	71	29	-	-	-	-	19	67	14	19	-
131	2108 - 2134	2	13	-	58	47	53	-	-	-	7	20	25	59	16	-
	gewogenes Mittel	3,7	0,5	-	74,8	-	-	-	-	-	-	-	19,8	-	-	1,0
	Streuung ±	0,5	0,3	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	0,2

Tabelle Nr. 8 A

## Zusammensetzung der Vitrain-Lagen vom Flöz 2

LAGE	MÄCHTIG- KEIT	VITRIT	LIPTIT	INERTIT	MIKROLITHOTYPEN in Vol.-%						TRIMACERIT	CARBO- MINERIT + BERGE		
					CLARIT		VITRINERTIT		DURIT					
Nr.	mm				V	E	V	I	E	I	V	E	I	
5	109 - 114	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	183 - 188	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
9	201 - 212	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	255 - 285	96	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	1
30	892 - 940	94	-	-	-	59	41	2	-	-	-	-	-	-
34	968 - 976	92	-	-	3	-	-	-	-	-	5	-	-	-
48	1514 - 1529	63	-	-	31	85	15	4	80	20	1	43	6	51
					94	6	90	10	-	-	25	25	50	1
	gewogenes Mittel	91,7	-	-	5,5			1,5			-	0,5		0,8
	Streuung ±	4,4	-	-	4,1			0,6			-	0,5		0,8

Tabelle Nr. 8 B

## Zusammensetzung der Clarain-Lagen vom Flöz 2

LAGE	MÄCHTIG- KEIT	MIKROLITHOTYPEN												in Vol.-%					
		MACERALGRUPPEN												in Vol.-%					
Nr.	mm	VITRIT	LIPTIT	INERTIT	CLARIT	VITRINERTIT		DURIT		TRIMACERIT			CARBO- MINERIT +	BERGE					
					V	E	2	V	I	-	E	I	23	V	E	I			
3	44 - 56	10	-	-	60	81	19	2	30	70	-	-	-	23	50	9	41		5
13	293 - 306	19	-	-	68	86	14	1	90	10	-	-	-	11	80	5	15		1
15	338 - 417	16	-	-	56	87	13	3	89	11	-	-	-	25	68	15	17		-
17	449 - 462	17	-	-	66	85	15	-	-	-	-	-	-	17	65	12	23		-
19	512 - 526	30	-	-	46	91	9	5	77	23	-	-	-	19	65	8	27		-
21	549 - 570	28	-	-	52	79	21	4	87	13	-	-	-	15	66	25	9		1
23	620 - 669	11	-	-	53	90	10	1	86	14	-	-	-	35	71	12	17		-
25	695 - 704	9	2	-	68	69	31	1	50	50	-	-	-	20	64	31	5		-
27	737 - 751	18	-	-	64	92	8	-	-	-	-	-	-	18	80	14	6		-
29	857 - 892	36	-	-	45	92	8	3	90	10	-	-	-	16	76	10	14		-
31	940 - 954	39	-	-	32	95	5	-	-	-	-	-	-	29	78	6	16		-
33	959 - 968	56	-	-	27	94	6	-	-	-	-	-	-	17	75	13	12		-
35	976 - 990	27	-	-	36	84	16	-	-	-	-	-	-	37	74	14	12		-
37	996 - 1010	14	-	-	72	73	27	-	-	-	-	-	-	14	55	20	25		-
39	1313 - 1397	15	-	-	66	79	21	2	72	28	-	-	-	16	68	17	15		-
41	1404 - 1409	9	-	-	87	68	32	-	-	-	-	-	-	4	25	50	25		-
43	1418 - 1451	25	-	-	50	74	26	4	91	9	-	-	-	21	61	28	11		-
45	1457 - 1476	24	-	-	61	67	33	1	95	5	-	-	-	14	71	10	19		-
47	1506 - 1514	26	-	-	61	75	25	-	-	-	-	-	-	13	68	27	5		-
	gewogenes Mittel	20,5	-	-	56,2			2,0			-			21,0					0,3
	Streuung ±	2,2	-	-	2,5			0,3			-			1,7					-

Tabelle Nr. 8 C

## Zusammensetzung der Durain-Lagen vom Flöz 2

LAGE	MÄCHTIG- KEIT	MIKROLITHOTYPEN in Vol.-%											CARBO- MINERIT + BERGE				
		MACERALGRUPPEN in Vol.-%															
Nr.	mm	VITRIT	LIPTIT	INERTIT	CLARIT		VITRINERTIT		DURIT		TRIMACERIT						
					V	E	V	I	E	I	V	E	I				
2	29 - 44	1	38	-	38	30	70	-	-	5	87	13	5	14	57	29	13
4	56 - 109	-	3	-	67	55	45	-	-	2	94	6	28	30	51	19	-
6	114 - 183	4	2	-	66	69	31	-	-	-	-	-	21	39	49	12	7
8	188 - 201	2	-	-	57	83	17	-	-	-	-	-	32	39	51	10	9
10	212 - 255	4	1	-	66	63	37	-	-	-	-	-	28	46	35	19	1
12	285 - 293	-	-	-	76	88	12	-	-	-	-	-	21	64	18	18	3
14	306 - 338	4	-	-	66	83	17	1	75	25	-	-	29	75	10	15	-
16	417 - 449	6	-	-	75	80	20	-	-	-	-	-	19	63	18	19	-
18	462 - 512	2	-	-	67	87	13	-	-	-	-	-	30	63	15	22	1
20	526 - 549	2	-	-	66	80	20	1	90	10	-	-	30	72	15	13	1
22	570 - 620	3	-	-	76	71	29	-	-	-	-	-	21	55	25	20	-
24	669 - 695	4	-	1	70	88	12	2	54	46	-	-	23	69	16	15	-
26	704 - 737	3	-	-	72	71	29	2	91	9	-	-	23	63	20	17	-
28	751 - 857	4	-	-	81	81	19	-	-	-	-	-	15	68	14	18	-
32	954 - 959	-	-	-	40	90	10	-	-	-	-	-	60	68	17	15	-
36	990 - 996	-	-	-	85	83	17	-	-	-	-	-	15	64	30	6	-
38	1010 - 1313	4	-	-	70	76	24	-	-	-	-	-	26	67	17	16	-
40	1397 - 1404	-	-	-	91	74	26	-	-	-	-	-	9	84	8	8	-
42	1409 - 1418	6	-	-	81	86	14	-	-	-	-	-	13	75	20	5	-
44	1451 - 1457	3	-	-	65	87	13	-	-	-	-	-	32	72	22	6	-
46	1476 - 1506	6	2	-	71	80	20	-	-	-	-	-	20	66	23	11	-
49	1529 - 1543	4	2	-	54	55	45	-	-	-	-	-	5	31	31	38	35
	gewogenes Mittel	3,4	1,1	-	70,6			-	-	-			23,4				1,5
	Streuung ±	0,3	1,0	-	1,6			-	-	-			1,4				1,1

Tabelle Nr. 9 A

## Zusammensetzung der Vitrain-Lagen vom Flöz 3

LAGE	MÄCHTIG- KEIT	VITRIT	LIPTIT	INERTIT	MIKROLITHOTYPEN in Vol.-%						TRIMACERIT	CARBO- MINERIT + BERGE		
					CLARIT		VITRINERTIT		DURIT				MACERALGRUPPEN in Vol.-%	
Nr.	mm				V	E	V	E	E	I	V	E	I	
7	91 - 100	99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
9	107 - 112	72	-	-	7		16							5
14	178 - 201	94	-	-		87 13		89 11						6
17	227 - 253	95	-	-	2									3
						70 30								
20	286 - 399	82	-	-	13						1			4
						95 5						90 5 5		
37	752 - 759	80	-	-	18									2
						92 8								
40	834 - 840	82	-	-	18									-
						84 16								
42	870 - 876	100	-	-	-									-
47	1030 - 1072	92	-	-	-									8
54	1186 - 1192	100	-	-	-									-
60	1301 - 1307	97	-	-	-									3
74	1567 - 1574	96	-	-	-									4
	gewogenes Mittel	89,6	-	-	6,8									3,6
	Streuung ±	4,5	-	-	2,0									0,6

Tabelle Nr. 9 B

Zusammensetzung der Clarain-Lagen vom Flöz 3

LAGE	MÄCHTIG- KEIT	MIKROLITHOTYPEN in Vol.-%												CARBO- MINERIT	+ BERGE	
		MACERALGRUPPEN in Vol.-%														
Nr.	mm	VITRIT	LIPTIT	INERTIT	CLARIT		VITRINERTIT		DURIT		TRIMACERIT					
					V	E	V	I	E	I	20	V	E	I		
4	68 - 79	60	-	-	20	35	15	-	-	-	-	87	6	7		-
6	85 - 91	40	-	-	52	82	18	-	-	-	8	78	11	11		-
11	142 - 150	20	-	-	69	71	29	-	-	-	11	52	18	30		-
13	164 - 178	25	-	-	51	81	19	3	76	24	21	65	21	14		-
16	216 - 227	17	-	-	55	80	20	-	-	-	28	61	22	17		-
19	271 - 286	45	-	-	40	80	20	1	50	50	11	73	17	10		4
22	433 - 439	25	-	-	57	70	30	-	-	-	17	37	47	16		1
24	481 - 493	15	-	-	65	88	12	-	-	-	20	73	8	19		-
26	517 - 534	25	-	-	60	80	20	-	-	-	13	70	15	15		2
28	574 - 579	27	2	-	58	67	33	-	-	-	13	54	23	23		-
30	594 - 602	38	-	2	45	68	32	-	-	-	15	70	5	25		-
32	620 - 628	16	-	-	59	69	31	4	88	12	19	61	23	16		2
34	684 - 700	16	-	-	64	65	35	2	82	18	16	68	16	16		2
36	711 - 744	18	-	-	65	77	23	-	-	-	16	64	14	22		1
38	751 - 798	7	-	-	66	83	17	1	33	67	26	70	13	17		-
41	832 - 862	18	-	-	61	78	22	-	-	-	21	70	13	17		-
44	930 - 944	32	-	-	52	69	31	-	-	-	16	70	15	15		-
46	961 - 1022	23	-	-	63	76	24	1	86	14	13	69	20	11		-
48	1064 - 1075	48	1	-	31	67	33	2	75	25	12	65	19	16		6
50	1099 - 1127	11	-	-	75	70	30	1	86	14	13	65	18	17		-
52	1139 - 1169	25	-	-	52	66	34	5	90	10	18	63	25	12		-
56	1218 - 1239	12	-	-	58	71	29	3	73	27	24	67	24	9		3
58	1258 - 1273	32	2	-	58	65	35	2	60	40	5	60	33	7		1
61	1299 - 1322	18	-	-	57	76	24	3	94	6	22	69	23	8		-
63	1327 - 1352	30	-	-	64	65	35	-	-	-	6	54	24	22		-
65	1358 - 1426	12	-	-	75	67	33	-	-	-	13	62	28	10		-
67	1434 - 1480	14	-	-	69	60	40	2	75	25	14	58	19	23		1
69	1493 - 1513	7	-	-	80	61	39	-	-	-	13	52	25	23		-
71	1518 - 1542	14	-	-	73	69	31	2	90	10	10	60	20	20		-
73	1548 - 1559	30	2	-	56	89	11	-	-	-	12	60	28	12		-
75	1566 - 1646	9	-	-	77	73	27	1	92	8	13	65	18	17		-
	gewogenes Mittel	18,8	-	-	64,0			1,1			-	15,1				1,0
	Streuung ±	2,0	-	-	2,0			0,2			-	1,0				0,2

Tabelle Nr. 9 C

Zusammenfassung der Durain-Lagen vom Flöz 3

LAGE	MÄCHTIG- KEIT	mm	MIKROLITHOTYPEN in Vol.-% MACERALGRUPPEN in Vol.-%												CARBO- MINERIT + BERGE	
			VITRIT	LIPITIT	INERTIT	CLARIT		VITRINERTIT		DURIT		TRIMACERIT				
Nr.						V	E	V	I	E	I	V	E	I		
3	58 - 68	9	-	-	42	60	40	-	-	-	-	48	73	14	13	1
5	79 - 85	6	-	-	67	68	32	2	50	50	-	25	60	23	17	-
8	100 - 107	4	-	-	69	73	17	-	-	-	-	26	64	9	27	1
10	112 - 142	2	-	1	63	68	32	-	-	-	-	34	61	27	12	-
12	150 - 164	7	-	-	87	66	34	-	-	-	-	6	53	6	41	-
15	201 - 216	11	-	2	62	84	16	1	75	25	1	22	66	17	17	1
18	253 - 271	4	-	-	70	82	18	-	-	-	-	26	69	15	16	-
21	399 - 433	3	4	-	63	58	42	-	-	5	-	25	44	43	13	-
23	439 - 481	6	-	-	71	78	22	-	-	-	94	22	65	23	12	1
25	493 - 517	2	-	-	48	67	33	-	-	-	-	50	75	15	10	-
27	534 - 574	3	-	-	72	62	38	1	88	12	-	23	66	24	10	1
29	579 - 594	2	-	-	75	77	23	-	-	-	-	22	61	21	18	1
31	602 - 628	7	-	-	52	78	22	2	78	22	-	38	62	22	16	1
33	636 - 692	4	-	-	71	66	34	2	89	11	-	22	51	31	18	1
35	708 - 711	-	-	-	81	65	35	-	-	-	-	19	56	24	20	-
39	806 - 834	3	-	-	75	70	30	-	-	-	-	22	54	22	24	-
43	876 - 938	3	-	1	62	76	24	2	28	72	-	30	62	21	17	-
45	952 - 969	9	-	-	69	63	37	2	63	37	-	20	62	15	23	-
49	1083 - 1107	3	-	-	66	74	26	4	88	12	-	27	64	19	17	-
51	1135 - 1147	-	-	-	40	72	28	-	-	-	-	60	74	13	13	-
53	1177 - 1186	4	-	-	74	64	36	-	-	-	-	22	68	21	11	-
55	1192 - 1226	5	-	-	77	67	33	4	88	12	-	14	57	29	14	-
57	1247 - 1266	2	1	-	61	90	10	3	70	30	-	33	85	6	9	-
59	1281 - 1301	4	-	-	74	69	31	-	-	-	-	22	60	25	15	-
62	1330 - 1335	-	-	-	64	70	30	-	-	-	-	36	60	35	5	-
64	1360 - 1366	1	-	-	78	67	33	-	-	-	-	21	37	25	38	-
66	1434 - 1442	1	-	-	81	50	50	-	-	-	-	18	40	32	28	-
68	1488 - 1501	1	-	-	83	54	46	-	-	-	-	16	42	41	17	-
70	1521 - 1526	-	-	-	88	64	36	-	-	-	-	12	36	46	18	-
72	1550 - 1556	2	-	-	84	73	27	-	-	-	-	14	50	19	31	-
76	1654 - 1671	2	-	-	82	60	40	-	-	-	-	15	44	32	24	1
	gewogenes Mittel	3,7	-	-	68,4			1,1					25,7			1,1
	Streuung ±	0,4	-	-	1,8			0,2					1,8			-

Tabelle Nr. 10 A

## Zusammensetzung der Clarain-Lagen vom Flöz 4

LAGE MÄCHTIG-  
KEITMIKROLITHOTYPEN in Vol.-%  
MACERALGRUPPEN in Vol.-%

Nr.	mm	VITRIT	LIPTIT	INERTIT	CLARIT		VITRINERTIT		DURIT			TRIMACERIT			CARBO- MINERIT + BERGE				
					V	E	V	I	E	I	V	E	I						
3	90 - 127	16	-	-	60	71	29	3	50	50	-	-	-	20	60	19	21	1	
5	155 - 191	20	1	-	62	63	27	2	59	41	-	-	-	13	40	38	22	2	
7	247 - 265	18	9	1	50	62	38	2	33	67	5	-	81	19	15	34	47	19	-
9	350 - 406	8	-	-	66	72	28	2	65	35	-	-	-	24	62	24	14	-	
11	461 - 493	11	-	-	54	77	23	2	79	21	-	-	-	33	68	23	9	-	
13	537 - 603	19	-	-	58	79	21	2	76	24	-	-	-	21	59	20	21	-	
15	629 - 675	16	-	-	61	68	32	2	83	17	-	-	-	21	50	37	13	-	
17	690 - 720	34	-	-	45	57	43	3	72	28	-	-	-	18	59	21	20	-	
19	786 - 795	53	-	-	36	69	31	-	-	-	-	-	-	11	58	30	12	-	
21	822 - 842	22	-	-	51	63	37	1	75	25	1	-	80	26	52	33	15	-	
23	862 - 892	24	-	-	66	78	22	2	71	29	-	-	-	6	48	30	22	2	
	gewogenes Mittel	18,6	1,0	-	58,1			1,7			-			19,9				0,7	
	Streuung ±	2,7	0,9	-	2,2			0,3			-			2,1				-	

Tabelle Nr. 10 B

## Zusammensetzung der Durain-Lagen vom Flöz 4

LAGE	MÄCHTIG- KEIT	mm	VITRIT	LIPTIT	INERTIT	MIKROLITHOTYPEN			MACERALGRUPPEN			DURIT	TRIMACERIT			CARBO- MINERIT + BERGE		
						in Vol.-%	in Vol.-%	in Vol.-%	in Vol.-%	in Vol.-%	in Vol.-%		in Vol.-%					
2	5 - 90	4	10	-	61	V	E	1	V	E	4	E	I	20	V	E	I	-
						51	49		33	67		72	28		40	40	20	
4	127 - 155	8	-	-	70	68	32	1	60	40	-	-	-	25	53	22	25	1
6	191 - 247	1	12	-	50	46	54	1	10	90	7	85	15	25	30	50	20	4
8	265 - 350	3	3	-	72	54	46	1	66	34	1	85	15	20	36	44	20	-
10	406 - 461	5	-	-	81	64	36	-	-	-	-	-	-	14	64	22	14	-
12	493 - 537	2	-	-	62	70	30	1	83	17	-	-	-	34	58	25	17	1
14	603 - 629	3	-	-	60	72	28	-	-	-	-	-	-	37	56	25	19	-
16	675 - 690	2	-	2	51	68	32	-	-	-	-	-	-	45	62	17	21	-
18	720 - 786	3	1	1	66	67	33	1	83	17	-	-	-	28	66	17	17	-
20	795 - 822	3	-	1	70	69	31	1	66	34	-	-	-	24	64	21	15	-
22	842 - 862	1	3	-	60	58	42	-	-	-	3	80	20	33	41	44	15	-
	gewogenes Mittel	3,2	3,8	-	65,1			1,0			1,7			24,2				1,0
	Streuung +	0,5	1,4	-	2,7			0,1			0,8			2,3				0,3

Tabelle Nr. 11 A

## Zusammensetzung der Vitrain-Lagen vom Flöz 5

LAGE	MÄCHTIG- KEIT	Nr.	mm	VITRIT	LIPTIT	INERTIT	MIKROLITHOTYPEN			MACERALGRUPPEN			DURIT	TRIMACERIT			CARBO- MINERIT + BERGE		
							in Vol.-%		in Vol.-%		in Vol.-%			in Vol.-%					
							V	E	I	V	E	I	V	E	I				
		8	155 - 161	76	-	-	-	-	-	24	77	23	-	-	-	-	-		
		16	301 - 330	64	-	-	20	95	5	2	73	27	-	-	9	72	16	12	5
		18	358 - 376	82	-	-	4	73	27	2	83	17	-	-	2	50	33	17	10
		20	395 - 404	84	-	-	-	-	-	7	75	25	-	-	-	-	-	-	9
			gewogenes Mittel	73,3	-	-	10,5			4,9			-		4,8				6,5
			Streuung ±	5,2	-	-	5,2			3,8					2,3				1,8

Tabelle Nr. 11 B

## Zusammensetzung der Clarain-Lagen vom Flöz 5

LAGE MÄCHTIG-  
KEITMIKROLITHOTYPEN in Vol.-%  
MACERALGRUPPEN in Vol.-%

Nr.	mm	VITRIT	LIPTIT	INERTIT	CLARIT		VITRINERIT		DURIT		TRIMACERIT			CARBO- MINERIT + BERGE		
					V	E	V	I	E	I	V	E	I			
3	25 - 34	25	-	-	54	79	21	3	75	25	-	18	66	21	13	-
5	75 - 82	20	-	-	60	87	13	-	-	-	-	20	64	5	31	-
7	146 - 155	27	-	2	51	89	11	-	-	-	-	20	65	17	18	-
9	161 - 169	14	-	-	56	68	32	-	-	-	-	30	69	15	16	-
11	220 - 226	29	-	-	33	77	23	12	73	27	-	16	63	32	5	-
13	239 - 256	24	-	-	43	83	17	3	73	27	-	30	67	16	17	-
15	264 - 301	24	-	-	59	85	15	6	65	35	-	11	56	26	18	-
17	339 - 356	32	-	-	45	83	17	2	82	18	-	18	55	26	19	3
19	376 - 395	25	-	-	57	87	13	-	-	-	-	18	70	8	22	-
22	444 - 468	25	-	-	57	76	24	4	85	15	-	14	57	26	17	-
24	482 - 495	12	-	-	62	71	29	4	89	11	-	22	59	26	15	-
26	545 - 579	19	-	-	57	80	20	1	70	30	-	23	60	25	15	-
28	609 - 663	15	-	1	60	80	20	1	80	20	-	23	61	19	20	-
30	688 - 693	46	-	-	38	79	21	-	-	-	-	14	64	15	21	2
32	711 - 723	24	-	-	40	76	24	-	-	-	-	36	56	18	26	-
34	752 - 776	12	-	-	60	69	31	4	71	29	-	23	49	34	17	1
36	793 - 803	14	-	2	34	75	25	-	-	-	-	50	78	13	9	-
38	832 - 877	9	-	-	65	73	27	3	75	25	-	21	59	23	18	2
40	877 - 917	26	-	-	30	76	24	10	50	50	-	34	69	23	8	-
42	941 - 973	28	-	-	41	80	20	6	80	20	-	25	74	14	12	-
44	982 - 999	29	-	-	52	88	12	-	-	-	-	17	59	8	23	2
46	1018 - 1029	29	-	-	46	88	12	-	-	-	-	25	64	13	23	-
48	1042 - 1052	41	-	2	28	89	11	3	-	-	-	-	-	-	-	26
	gewogenes Mittel	21,5	-	-	47,1			2,7			-	27,7				1,0
	Streuung ±	1,7	-	-	2,7			0,5				1,6				0,2

Tabelle Nr. 11 C

## Zusammensetzung der Durain-Lagen vom Flöz 5

LAGE	MÄCHTIG- KEIT	MIKROLITHOTYPEN										in Vol.-%			
		MACERALGRUPPEN										in Vol.-%			
Nr.	mm	VITRIT	LIPTIT	INERTIT	CLARIT	VITRINERTIT		DURIT		TRIMACERIT			CARBO- MINERIT + BERGE		
					V	E	V	I	E	I	V	E	I		
2	5 - 25	1	-	-	63	60	40	-	-	-	28	52	31	17	8
4	34 - 75	3	2	-	69	84	16	1	43	57	-	63	19	18	-
6	82 - 146	6	-	1	60	78	22	1	70	30	-	58	22	20	-
10	169 - 220	5	-	-	59	81	19	1	77	23	-	65	19	16	1
12	220 - 226	-	-	-	65	74	26	-	-	-	-	68	20	12	-
14	256 - 264	-	-	-	60	60	40	1	50	50	-	68	16	16	-
21	404 - 444	4	-	-	69	78	22	1	55	45	-	60	19	21	-
25	495 - 545	6	-	-	58	80	20	2	88	12	-	61	21	18	-
27	579 - 609	5	-	-	71	70	30	-	-	-	-	56	21	23	1
29	663 - 688	2	-	-	63	75	25	1	50	50	-	61	14	25	1
31	693 - 711	4	-	-	63	80	20	-	-	-	-	61	24	12	-
33	723 - 752	6	-	2	73	83	17	-	-	-	-	20	43	37	-
35	776 - 793	4	-	-	64	65	35	-	-	-	-	57	21	22	-
37	803 - 823	10	-	-	66	80	20	-	-	-	-	69	18	13	-
39	877 - 917	5	-	-	72	65	35	2	77	23	-	50	29	21	-
41	925 - 941	2	-	-	56	69	31	-	-	-	-	62	24	14	-
43	973 - 982	15	-	-	66	80	20	-	-	-	-	69	12	19	-
45	999 - 1018	7	-	-	65	81	19	1	25	75	-	61	19	20	-
47	1029 - 1042	7	-	-	57	69	31	-	-	-	-	47	31	22	9
	gewogenes Mittel	5,0	-	-	64,3			1,2			-	28,5			1,0
	Streuung ±	0,6	-	-	1,2			0,2			-	1,4			0,5

Tabelle Nr. 12 A

## Zusammensetzung der Vitrain-Lagen vom Flöz 1N

LAGE	MÄCHTIG- KEIT	mm	VITRIT	LIPITIT	INERTIT	MIKROLITHOTYPEN in Vol.-%						DURIT	TRIMACERIT			CARBO- MINERIT + BERGE	
						CLARIT	VITRINERTIT		MACERALGRUPPEN in Vol.-%		V		E	I			
Nr.						V	E	I	V	I	E	I	V	E	I		
4	90 - 95	91	-	-	5	90	10	1	90	10	-	-	-	-	-	3	
6	105 - 126	75	-	-	11	88	12	1	89	11	-	-	7	80	12	8	6
8	164 - 176	73	-	-	20	94	6	-	-	-	-	-	2	40	40	20	5
14	251 - 258	81	-	-	10	93	7	5	91	9	-	-	2	82	11	7	2
24	372 - 382	66	-	-	31	92	8	-	-	-	-	-	2	80	15	5	1
26	387 - 393	90	-	-	10	93	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	398 - 403	72	-	-	21	90	10	2	50	50	-	-	-	-	-	-	5
42	557 - 562	86	-	-	4	92	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
51	688 - 714	38	-	-	43	93	7	6	94	6	-	-	13	82	5	13	-
58	829 - 834	92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
61	852 - 857	84	-	-	7	89	11	1	93	7	-	-	2	80	5	15	6
64	913 - 932	78	-	-	5	95	5	1	94	6	-	-	8	55	36	9	8
66	939 - 946	95	-	-	3	91	9	2	94	6	-	-	-	-	-	-	-
74	1098 - 1112	67	-	-	13	88	12	8	92	8	-	-	3	67	11	22	9
76	1117 - 1122	80	-	-	8	93	7	4	84	16	-	-	4	80	5	15	4
90	1257 - 1263	68	-	-	25	88	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
	gewogenes Mittel	71,0	-	-	17,1			2,5			-		4,9				4,5
	Streuung +	4,3	-	-	3,5			0,7			-		1,2				0,9

Tabelle Nr. 12 B

Zusammensetzung der Clarain-Lagen vom Flöz 1N

LAGE	MÄCHTIG- KEIT	MIKROLITHOTYPEN in Vol.-%												CARBO- MINERIT + BERGE		
		MACERALGRUPPEN in Vol.-%														
Nr.	mm	VITRIT	LIPTIT	INERTIT	CLARIT		VITRINERTIT		DURIT			TRIMACERIT				
					V	E	V	E	E	I		V	E	I		
2	70 - 78	26	-	-	59	84	16	-	-	-	-	13	54	23	23	2
9	176 - 188	33	1	-	56	70	30	1	90	10	-	6	21	58	21	3
11	207 - 218	11	-	-	76	83	17	2	80	20	-	8	73	11	16	3
13	239 - 251	24	-	-	62	68	32	3	76	24	-	11	63	23	14	-
15	258 - 270	16	-	-	67	79	21	2	50	50	-	13	56	24	20	2
17	283 - 296	5	2	-	74	48	52	-	-	-	1	16	41	31	28	2
19	313 - 334	18	1	-	76	79	21	1	90	10	-	4	80	15	5	-
21	344 - 358	38	-	-	57	80	20	-	-	-	-	5	85	5	10	-
23	363 - 372	21	-	-	68	88	12	-	-	-	-	11	85	5	10	-
25	382 - 387	13	-	-	84	85	15	-	-	-	-	3	90	5	5	-
27	393 - 398	20	-	-	78	70	30	1	90	10	-	1	90	5	5	-
30	426 - 440	20	-	-	50	62	38	2	95	5	-	5	85	5	10	23
32	447 - 452	10	7	-	54	48	62	-	-	-	-	12	44	34	22	17
34	467 - 480	21	5	-	53	60	40	2	50	50	-	10	46	34	20	9
36	496 - 505	7	1	-	79	66	34	-	-	-	-	10	79	14	7	3
38	512 - 524	8	9	-	72	66	34	-	-	-	-	11	59	12	29	-
40	530 - 547	17	-	-	70	86	14	1	95	5	-	7	50	5	45	5
44	570 - 580	17	-	-	63	87	13	5	67	33	-	13	87	5	8	2
46	596 - 638	13	-	-	77	72	28	3	65	35	-	6	77	15	8	1
48	644 - 649	27	-	-	68	88	12	-	-	-	-	4	25	25	50	1
50	661 - 688	10	-	-	73	84	16	1	86	14	-	15	69	11	20	1
53	726 - 740	14	-	-	58	83	17	4	82	18	1	19	83	9	8	4
55	762 - 794	14	-	-	66	72	28	3	65	35	-	17	74	11	15	-
57	810 - 829	25	-	-	53	82	18	6	82	18	-	15	82	10	8	1
60	839 - 852	6	-	-	77	63	37	2	80	20	-	13	57	31	12	2
62	857 - 878	20	-	-	46	89	11	7	92	8	-	27	70	15	15	-
68	977 - 984	14	-	-	72	74	26	1	95	5	-	12	75	13	12	1
70	993 - 1057	11	-	-	81	75	25	2	82	18	-	5	73	11	16	1
72	1072 - 1077	55	-	-	32	82	18	2	50	50	-	4	50	25	25	7
78	1147 - 1155	4	10	-	76	47	53	2	95	5	-	7	60	30	10	1
80	1164 - 1191	5	-	-	72	72	28	4	85	15	-	18	61	27	12	1
82	1196 - 1204	21	-	-	58	71	29	8	60	40	-	8	73	18	9	5
84	1215 - 1220	10	-	-	54	66	34	17	74	26	-	14	79	14	7	5
86	1226 - 1235	19	-	-	72	73	27	2	75	25	-	5	78	11	11	2
88	1247 - 1252	11	-	-	63	74	26	2	50	50	-	16	65	14	21	8
	gewogenes Mittel	15,6	1,5	-	68,0			2,5			-	10,0				2,4
	Streuung ±	1,4	0,5	-	1,9			0,4			-	1,0				0,7

Tabelle Nr. 12 C

Zusammensetzung der Durain-Lagen vom Flöz IN

LAGE	MÄCHTIG- KEIT	Nr.	mm	MIKROLITHOTYPEN MACERALGRUPPEN												in Vol.-% in Vol.-%	CARBO- MINERIT + BERGE			
				VITRIT	LIPTIT	INERTIT	CLARIT		VITRINERTIT		DURIT		TRIMACERIT							
		1	0 - 70	2	-	-	77	V	E	-	V	I	-	E	I	16	V	E	I	5
		3	78 - 90	3	-	-	74	73	27	-	-	-	-	-	-	23	63	21	16	-
		5	95 - 105	7	-	-	70	70	30	-	-	-	-	-	-	19	44	35	21	3
		7	126 - 164	4	5	-	60	72	28	1	92	8	-	-	-	26	78	10	12	-
		10	188 - 207	8	-	-	74	65	35	1	25	75	4	89	11	14	52	37	11	4
		12	218 - 239	10	-	-	74	77	23	2	-	-	-	-	-	12	48	30	22	2
		16	270 - 283	1	-	-	79	82	18	-	81	19	-	-	-	20	82	6	12	-
		18	296 - 313	5	1	-	70	70	30	-	-	-	-	-	-	22	59	19	22	2
		20	334 - 344	15	-	-	81	65	35	-	-	-	-	-	-	4	32	54	14	-
		22	358 - 363	8	-	-	72	40	60	-	-	-	-	-	-	18	25	50	25	2
		31	440 - 447	1	10	-	66	64	36	-	-	-	-	-	-	13	60	30	10	10
		33	452 - 467	-	21	-	57	41	59	-	-	-	-	-	-	13	37	44	19	5
		35	480 - 496	1	12	-	63	39	61	4	91	9	-	-	-	16	15	70	15	2
		37	505 - 512	-	-	-	78	62	38	-	-	-	6	80	20	21	26	50	24	1
		39	524 - 530	14	-	-	76	69	31	-	-	-	-	-	-	7	70	25	5	2
		41	547 - 557	12	1	-	76	73	27	1	90	10	-	-	-	8	17	33	50	1
		43	562 - 570	8	4	-	68	68	32	2	92	8	-	-	-	19	60	20	20	1
		45	580 - 596	8	-	-	75	81	19	-	-	-	-	-	-	11	71	8	21	5
		47	638 - 644	7	-	-	80	71	29	1	89	11	-	-	-	8	79	12	9	3
		49	649 - 661	1	-	-	76	94	6	2	92	8	-	-	-	19	78	11	11	2
		52	714 - 726	8	-	-	67	84	16	2	94	6	-	-	-	15	84	5	11	8
		54	740 - 762	3	-	-	70	71	29	2	50	50	-	-	-	24	83	12	5	2
		56	794 - 810	2	-	-	74	76	24	1	25	75	-	-	-	21	73	10	17	-
		59	834 - 839	5	-	-	61	60	40	3	50	50	2	80	20	31	55	27	18	-
		63	878 - 913	11	-	-	64	66	34	4	66	34	-	-	-	20	71	14	15	1
		65	932 - 939	2	-	-	77	79	21	-	90	10	-	-	-	21	64	19	17	-
		67	946 - 977	7	4	-	71	79	21	3	-	-	-	-	-	13	57	23	20	2
		69	984 - 993	1	-	-	93	64	36	-	91	9	-	-	-	6	41	42	17	-
		71	1057 - 1072	4	-	-	76	71	29	4	-	-	-	-	-	14	45	10	45	-
		73	1077 - 1098	-	6	-	66	67	33	1	73	17	7	-	-	19	78	7	15	1
		75	1112 - 1117	6	-	-	86	60	40	1	66	34	-	64	36	7	24	65	11	-
		77	1122 - 1147	5	-	-	58	92	8	2	81	19	6	-	-	7	75	5	20	1
		79	1155 - 1164	4	-	-	70	64	36	2	80	20	90	10	-	18	27	41	32	6
		81	1191 - 1196	-	-	-	75	69	31	1	89	11	-	-	-	21	56	17	27	3
		83	1204 - 1215	1	-	-	71	54	46	2	93	7	-	-	-	23	36	28	36	3
		85	1220 - 1226	7	-	-	71	73	27	7	50	50	-	-	-	14	60	22	18	1
		87	1235 - 1247	3	-	-	68	63	37	4	56	44	-	-	-	22	81	13	6	3
		89	1252 - 1257	2	-	-	58	69	31	-	75	25	-	-	-	40	56	24	20	-
		91	1263 - 1277	11	1	-	71	70	30	3	-	-	-	-	-	9	76	10	14	5
								64	36		70	30					72	25	3	
			gewogenes Mittel	4,9	1,9		70,9			1,5			1,0			17,4				2,4
			Streuung ±	0,6	0,7		1,2			0,2			0,3			1,1				0,4

Tabelle Nr. 13 A

## Zusammensetzung der Vitrain-Lagen vom Flöz 2N

LAGE	MÄCHTIG- KEIT	mm	VITRIT	LIPTIT	INERTIT	MIKROLITHOTYPEN in Vol.-%						TRIMACERIT	CARBO- MINERIT + BERGE			
						CLARIT		VITRINERTIT		DURIT				TRIMACERIT		
Nr.						V	E	V	I	E	I	V	E	I		
3	76 - 93	78	-	-	11	91	9	-	-	-	-	3	17	49	34	8
5	157 - 167	76	-	-	6	93	7	-	-	-	-	-	-	-	-	18
7	317 - 330	84	-	-	3	90	10	-	-	-	-	-	-	-	-	13
12	453 - 462	89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11
16	558 - 565	50	-	-	37	89	11	-	-	-	-	13	76	6	18	-
24	648 - 653	85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15
33	993 - 1060	30	-	-	50	87	13	3	85	15	-	15	80	11	9	2
35	1070 - 1115	51	-	-	23	86	14	2	70	30	-	14	64	14	22	10
	gewogenes Mittel	52,4	-	-	28,5			1,7			-	10,3				7,1
	Streuung ±	8,2	-	-	7,2			0,5			-	2,4				1,9

Tabelle Nr. 13 B

## Zusammensetzung der Clarain-Lagen vom Flöz 2N

LAGE	MÄCHTIG- KEIT	MIKROLITHOTYPEN											in Vol.-%					
		MACERALGRUPPEN											in Vol.-%					
Nr.	mm	VITRIT	LIPTIT	INERTIT	CLARIT		VITRINERTIT		DURIT		TRIMACERIT			CARBO- MINERIT + BERGE				
					V	E	2	V	I	-	E	I	20	V	E	I		
9	353 - 363	17	-	-	59	83	17	2	67	33	-	-	-	20	67	19	14	2
11	375 - 453	9	-	-	69	80	20	-	-	-	-	-	20	51	27	22		2
14	507 - 551	13	-	-	53	77	23	-	-	-	-	-	31	69	16	15		3
17	565 - 588	9	-	-	57	76	24	3	-	-	-	-	30	68	19	13		1
19	595 - 606	14	-	-	63	65	35	-	-	-	-	-	20	60	30	10		3
21	611 - 626	17	-	-	52	88	12	1	90	10	-	-	29	76	10	14		1
23	631 - 648	8	2	-	70	81	19	-	-	-	-	-	20	73	15	12		1
26	660 - 691	20	-	-	57	72	28	1	75	25	-	-	18	68	23	9		4
28	784 - 876	10	-	-	68	74	26	1	72	28	-	-	19	66	21	13		2
30	911 - 918	30	-	-	65	78	22	-	-	-	-	-	5	43	14	43		-
32	936 - 993	15	-	-	57	79	21	2	60	40	-	-	22	71	16	13		4
34	1060 - 1070	8	-	-	70	92	8	-	-	-	-	-	12	84	5	11		10
36	1115 - 1239	20	-	-	61	76	24	1	71	29	-	-	15	63	21	16		3
38	1284 - 1331	22	-	-	49	88	12	5	77	23	-	-	14	73	19	8		10
	gewogenes Mittel	14,8	-	-	61,2			1,2			-	-	19,5					3,3
	Streuung ±	1,4	-	-	1,8			0,4			-	-	1,5					0,7

Tabelle Nr. 13 C

## Zusammensetzung der Durain-Lagen vom Flöz 2N

LAGE	MÄCHTIG- KEIT	mm	MIKROLITHOTYPEN in Vol.-%												CARBO- MINERIT <sup>+</sup> BERGE		
			VITRIT	LIPTIT	INERTIT	CLARIT		VITRINERTIT		DURIT		TRIMACERIT					
Nr.						V	E	V	I	E	I	V	E	I			
2	31 - 76	8	-	-	71	88	12	-	-	-	-	19	75	10	15	2	
4	93 - 157	6	-	-	56	88	12	-	-	-	-	36	72	14	14	1	
6	167 - 317	3	-	-	56	86	14	-	-	-	-	41	58	25	17	-	
8	330 - 358	2	-	-	63	70	30	-	-	1	80	20	34	40	41	19	-
10	368 - 375	-	-	-	70	59	41	-	-	-	-	30	37	42	21	-	
13	462 - 507	6	-	-	73	78	22	-	-	-	-	20	65	22	13	1	
15	551 - 558	-	-	-	67	92	8	-	-	-	-	33	74	12	14	-	
18	588 - 598	-	-	-	61	65	35	-	-	-	-	39	75	20	5	-	
20	606 - 611	-	-	-	62	80	20	-	-	-	-	38	58	15	27	-	
22	626 - 631	-	-	-	64	75	25	-	-	-	-	36	48	22	30	-	
25	653 - 660	2	-	-	65	75	25	-	-	-	-	33	78	12	10	-	
27	691 - 784	6	-	-	68	71	29	2	67	33	-	20	59	25	16	4	
29	876 - 911	4	-	-	70	76	24	-	-	-	-	23	72	16	12	3	
31	918 - 936	6	-	-	86	74	26	-	-	-	-	7	45	37	18	1	
37	1239 - 1284	8	-	-	73	67	33	1	80	20	-	15	61	21	18	3	
	gewogenes Mittel	4,8	-	-	64,7			-				28,6				1,9	
	Streuung ±	0,6	-	-	2,1			-				2,8				0,4	

**Tabelle 14: Ergebnisse der Analysen der Flözprofilsäulen nach Maceralen, Maceralgruppen und Mikrolithotypen**

Flöze Zusammensetzung	Capotera	1	2	3	4	5	1N	2N
	Telinit <u>Vol.-%</u>	30	18	16	22	5	19	25
Collinit+Vitrodetrinit	49	55	61	53	59	56	50	63
Cutinit	4	1	3	3	7	5	1	4
Sporinit	1	1	1	1	2	2	1	1
Suberinit	-	5	2	2	5	2	4	2
Resinit	1	6	2	6	3	2	5	4
Bituminit	-	2	3	-	5	1	3	1
Liptodetrinit	7	7	6	8	6	5	7	6
Sklerotinit	1	1	1	1	2	1	1	1
Semifusinit	1	1	-	-	1	1	-	-
Inertodetrinit	2	1	2	2	2	3	1	2
<b>Minerale</b>	4	2	3	2	3	3	2	2
Vitrinit <u>Vol.-%</u>	79	74	77	75	64	75	75	77
Exinit	13	21	17	20	28	17	21	18
Inertinit	4	3	3	3	5	5	2	3
Minerale	4	2	3	2	3	3	2	2
Summe	100	100	100	100	100	100	100	100
Vitrit <u>Vol.-%</u>	27	23	24	27	12	21	22	22
Liptit	-	-	1	-	2	-	1	-
Inertit	-	-	-	-	-	-	-	-
Clarit	45	59	53	53	58	50	59	55
Vitrinertit	5	1	1	1	1	2	3	1
Durit	-	-	-	-	1	-	-	-
Trimacerit	18	15	18	17	22	24	12	20
Carboninerit+Berge	5	2	3	2	4	3	3	2
Summe	100	100	100	100	100	100	100	100

**Tabelle 15: Kurz- und Elementaranalysen der Maceralgruppen  
(nach KRÖGER et al. 1957)**

Kohle	Asche waf %	Flücht. Bestand- teile % waf	C	H	N	S	O
			% waf				
<b><u>Flöz R</u></b>							
Vitrinit	1,29	36,13	83,45	5,06	0,78	0,93	9,78
Inertinit	3,76	22,54	86,77	3,91	0,55	0,66	8,11
Exinit	0,48	68,77	85,49	7,34	0,46	0,91	5,80
<b><u>Zollverein</u></b>							
Vitrinit	0,50	31,97	85,74	4,88	0,78	0,82	7,78
Inertinit	5,89	23,37	87,98	4,17	0,56	0,48	6,81
Exinit	0,63	59,81	87,41	6,74	0,64	0,54	4,67
<b><u>Anna</u></b>							
Vitrinit	1,59	28,36	88,36	5,11	0,83	0,97	4,73
Inertinit	1,13	19,18	89,59	4,34	0,60	0,52	4,95
Exinit	0,14	37,08	89,10	5,96	0,67	0,52	3,75
<b><u>Wilhelm</u></b>							
Vitrinit	2,28	23,50	88,84	4,94	1,56	0,71	3,95
Inertinit	5,80	16,98	89,78	4,25	0,92	0,53	4,52
Exinit	1,85	22,57	89,29	4,91	1,45	0,60	3,75

**Tabelle 16:** Reflexionsmessungen der Flözprofilsäulen

Flöz	Schliff-Nr.	mm vom Hgd.	R (%)	2 S
Capotera	7	282-316	0,55	0,08
	14	515-545	0,57	0,04
	21	717-757	0,55	0,08
	31	1050-1103	0,60	0,10
	37	1248-1292	<u>0,62</u>	<u>0,10</u>
1	1	0-23	0,58	0,08
	10	319-352	0,54	0,08
	23	736-752	0,53	0,06
	35	1128-1171	0,53	0,04
	43	1444-1468	0,55	0,08
	57	1971-2001	0,52	0,08
			<u>0,52</u>	<u>0,04</u>
1N	1	0-70	0,53	0,06
	6	229-255	0,55	0,04
	13	523-553	0,53	0,04
	19	762-784	0,52	0,04
	23 A	995-1050	0,57	0,08
	28	1200-1256	0,55	0,08
			<u>0,53</u>	<u>0,04</u>
2	2	29-56	0,54	0,06
	6	133-162	0,52	0,06
	11	282-324	0,53	0,06
	22	589-625	0,52	0,04
	36	589-625	0,52	0,06
	41	1050-1080	0,55	0,08
			<u>0,53</u>	<u>0,06</u>
2N	2	31-86	0,53	0,06
	8	425-453	0,53	0,04
	13	651-675	0,55	0,06
	21	850-892	0,55	0,06
	33	850-892	0,52	0,04
			<u>0,56</u>	<u>0,06</u>
3	3	58-91	0,54	0,06
	11	481-517	0,53	0,04
	15	481-517	0,52	0,06
	25	593-619	0,52	0,04
	36	930-961	0,51	0,06
	41	1315-1358	0,49	0,06
		<u>0,51</u>	<u>0,10</u>	
4	1	0-34	0,52	0,06
	11	287-317	0,51	0,08
	15	406-439	0,54	0,08
	21	630-662	0,51	0,06
	27	830-889	0,51	0,06
		<u>0,52</u>	<u>0,04</u>	
5	6	149-191	0,52	0,06
	13	517-547	0,50	0,06
	16	610-665	0,52	0,04
	19	795-834	0,52	0,06
	23	951-975	0,53	0,06
		<u>0,51</u>	<u>0,06</u>	
		0,52	0,06	

Tabelle 17:

Anteil des Gutes über 1.5 kg/dm<sup>3</sup> in den Schlitzproben der Amaga-Mulde und der Titiribi-Bolombolo-Senke

Proben-Nr.	<1.5 kg/dm <sup>3</sup>	>1.5 kg/dm <sup>3</sup>	1.5 - 1.9 kg/dm <sup>3</sup>	>1.9 kg/dm <sup>3</sup>
<b>Amaga-Mulde</b>				
3	98,50	1,50		
4	99,05	0,95		
5	99,00	1,00		
6	98,79	1,21		
7	98,25	1,75		
8	98,17	1,83		
9	93,21	6,79	5,09	1,70
10	95,00	5,00	1,00	4,00
11	93,90	6,10	2,60	3,50
12	99,35	0,65		
13	98,30	1,70		
14	91,20	8,80	5,60	3,20
15	98,50	1,50		
16	98,72	1,28		
17	97,95	2,05		
18	98,85	1,15		
<b>Titiribi-Bolombolo-Senke</b>				
1	99,35	0,65		
2	99,50	0,50		
19	95,10	4,90	3,70	1,20
20	85,30	14,70	6,70	8,00
21	95,10	4,90	1,80	3,10
22	97,60	2,40		
23	92,30	7,70	3,30	4,40
24	89,70	10,30	5,00	5,30
25	95,80	4,20	1,70	2,50
26	97,03	2,97		
27	96,92	3,08		
28	98,80	1,20		
29	99,15	0,85		
30	98,30	1,70		
31	99,26	0,74		
32	99,22	0,78		
33	99,60	0,40		
34	98,58	1,42		
35	99,55	0,45		
36	99,70	0,30		
37	99,70	0,30		
38	94,40	0,60		
39	87,40	12,60	12,2	0,4
40	98,50	1,50		
41	0,30	99,70	98,70	1,00

Tabelle 18 :

a) Inkohlungsgradbestimmungen der Schlitzproben der Amaga-Mulde

Probe-Nr.	Kohlenarten	$\bar{R}_m\%$	2s
3	Glanzbraunkohle	0,50	0,05
4	Flammkohle	0,55	0,07
5	Glanzbraunkohle	0,52	0,06
6	Glanzbraunkohle	0,50	0,06
7	Glanzbraunkohle	0,51	0,06
8	Glanzbraunkohle	0,51	0,06
9	Glanzbraunkohle	0,50	0,06
10	Glanzbraunkohle	0,52	0,05
11	Glanzbraunkohle	0,52	0,06
12	Glanzbraunkohle	0,50	0,05
13	Glanzbraunkohle	0,51	0,05
14	Glanzbraunkohle	0,49	0,07
15	Glanzbraunkohle	0,50	0,05
16	Glanzbraunkohle	0,48	0,05
17	Glanzbraunkohle	0,46	0,05
18	Glanzbraunkohle	0,50	0,05

b) Inkohlungsgradbestimmungen der Schlitzproben der Titiribi-Bolombolo-Senke

Probe-Nr.	Kohlenarten	$\bar{R}_m\%$	2s	$\bar{R}_{max}\%$	2s
1	Glanzbraunkohle	0,52	0,06		
2	Glanzbraunkohle	0,53	0,05		
19	Flammkohle	0,60	0,07		
20	Gasflammkohle	0,76	0,08	0,80	0,05
21	Magerkohle	1,90	0,10	2,09	0,08
22	Eßkohle	1,61	0,08	1,68	0,08
23	Gaskohle	1,12	0,07	1,15	0,06
24	Gasflammkohle	0,80	0,07	0,84	0,08
25	Fettkohle	1,44	0,10	1,50	0,08
26	Gasflammkohle	0,76	0,10		
27	Flammkohle	0,63	0,06		
28	Gasflammkohle	0,66	0,08		
29	Gasflammkohle	0,66	0,07		
30	Gasflammkohle	0,72	0,09		
31	Gasflammkohle	0,69	0,15		
32	Gasflammkohle	0,65	0,08		
33	Gasflammkohle	0,68	0,04		
34	Flammkohle	0,62	0,07		
35	Flammkohle	0,64	0,06		
36	Flammkohle	0,64	0,06		
37	Glanzbraunkohle	0,52	0,06		
38	Glanzbraunkohle	0,51	0,06		
39	Anthrazit			3,89	0,17
40	Flammkohle	0,56	0,05		
41	Meta-Anthrazit			6,07	0,19

Tabelle 19:

a) Maceral- und Maceralgruppenzusammensetzung der Schlitzproben der Amaga-Mulde in Vol.-% (Gut &lt; 1,5)

Proben-Nr.	Teli- nit	Colli- nit	Vitro- detri- nit	Cuti- nit	Spori- nit	Resi- nit	Sube- rinit	Bitu- minit	Lipto- detri- nit	Sklero- tinit	Semi- fusi- nit	Mikri- nit	Inerto- detri- nit	Mine- rale	Vitri- nit	Exi- nit	Iner- tinit
3	13	65	3	4	1	3	3	-	6	1	-	-	1	-	81	17	2
4	24	58	2	2	1	1	1	1	5	1	-	-	3	1	84	11	4
5	16	63	1	2	1	4	4	2	5	1	-	-	1	-	80	18	2
6	19	59	1	2	1	4	3	3	3	2	-	-	2	1	79	16	4
7	18	59	1	2	1	5	4	-	8	1	-	-	1	-	78	20	2
8	9	60	-	5	2	5	4	4	7	2	-	-	2	-	69	27	4
9	15	65	-	3	1	3	4	-	5	1	1	-	1	1	80	16	3
10	22	57	-	2	1	3	3	3	6	1	-	-	1	1	79	18	2
11	13	67	2	2	1	2	3	1	6	1	-	-	2	-	82	15	3
12	19	62	2	1	-	3	3	2	6	1	-	-	1	-	83	15	2
13	17	56	1	3	-	4	6	4	6	1	-	-	1	1	74	23	2
14	15	68	1	2	1	2	2	-	5	1	-	-	2	1	84	12	3
15	9	67	2	2	1	5	1	-	11	1	-	-	1	-	78	20	2
16	10	67	2	2	-	4	3	-	7	1	-	-	1	3	79	16	2
17	11	73	1	1	1	4	2	-	4	1	-	-	1	1	85	12	2
18	8	64	1	5	1	5	2	3	6	1	-	-	2	2	73	22	3

b) Maceral- und Maceralgruppenzusammensetzung der Flözprofilsäulen der Amaga-Mulde in Vol.-%

Flöz	Probe	Teli- nit	Colli- nit	Vitro- detri- nit	Cuti- nit	Spori- nit	Resi- nit	Sube- rinit	Bitu- minit	Lipto- detri- nit	Sklero- tinit	Semi- fusi- nit	Mikri- nit	Inerto- detri- nit	Mine- rale	Vitri- nit	Exi- nit	Iner- tinit
Capo- tera	4	30	49		4	1	1	-	-	7	1	1	-	2	4	79	13	4
	5	19	55		1	1	6	6	2	7	1	1	-	1	2	74	21	3
	6	16	61		3	1	2	2	3	6	1	-	-	2	3	77	17	3
	6	22	53		3	1	3	5	-	8	1	-	-	2	2	75	20	3
	8	5	59		7	2	3	5	5	6	2	1	-	2	3	64	28	5
	9	19	56		5	2	2	2	1	5	1	1	-	3	3	75	17	5
1N	10	25	50		1	1	5	4	3	7	1	-	-	1	2	75	21	2
2N	11	14	63		4	1	4	2	1	6	1	-	-	3	3	77	18	3

Tabelle 20: Maceral- und Maceralgruppenzusammensetzung der Schlitzproben der Titiribi-Bolombolo-Mulde (Gut  $\leq 1,5$ ) in Vol.-%

Probe Nr.	Teli-nit	Colli-nit	Vitro-detri-nit	Cuti-nit	Spori-nit	Resi-nit	Sube-rinit	Bitu-minit	Lipto-detri-nit	Sklero-tinit	Semi-fusi-nit	Mikri-nit	Inerto-detri-nit	Mine-rale	Vitri-nit	Exi-nit	Inertinit
1	14	66	1	3	1	4	1	-	8	1	-	-	1	-	81	17	2
2	14	63	2	2	1	3	2	1	9	1	-	-	2	-	79	18	3
19	10	71	-	4	-	2	2	1	2	-	-	-	2	6	81	11	2
20	8	75	3	2	-	2	2	-	4	-	-	-	1	3	86	10	1
21	-	95	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	3	1	95	-	4
22	-	98	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	98	-	1
23	5	80	6	1	1	-	-	-	4	1	-	-	1	1	91	6	2
24	6	64	5	3	1	1	4	1	8	-	-	-	2	5	75	18	2
25	-	98	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	98	-	1
26	7	77	3	3	1	2	-	2	4	1	-	-	-	1	87	12	1
27	17	65	2	4	-	3	3	4	4	1	-	-	1	1	79	18	2
28	13	67	3	1	1	4	1	3	4	2	-	-	1	-	83	14	3
29	10	72	1	3	2	3	2	1	4	-	-	-	1	1	83	15	1
30	8	63	1	2	2	3	1	6	9	1	-	-	2	2	72	23	3
31	6	82	-	2	1	3	1	-	3	1	-	-	1	-	88	10	2
32	7	73	1	2	1	4	2	4	3	1	-	-	1	1	81	16	2
33	5	81	-	1	-	4	3	-	4	1	-	-	1	-	86	12	2
34	11	66	4	1	3	2	4	1	3	2	-	-	2	1	81	14	4
35	12	68	1	2	1	2	3	1	5	2	-	-	1	2	81	14	3
36	4	80	2	1	-	4	1	2	4	1	-	-	-	1	86	12	1
37	13	65	3	2	1	3	3	2	5	2	-	-	1	-	81	16	3
38	10	72	3	3	1	4	1	-	3	1	-	-	2	-	85	12	3
39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	9	75	1	3	-	4	1	-	4	2	-	-	-	1	85	12	2
41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 21:

a) Kurzanalyse der Schlitzproben der Amaga-Mulde (Gut < 1,5)

Proben-Nr.	1 Wasser %	2 Asche wf%	3 Fl.Best. wf %	4 Fl.Best. waf %	5 FB <sub>RV</sub> %	6 Koks %
3	9,1	6,8	45,8	49,1	45,5	49,3
4	9,4	6,0	42,5	45,2	44,0	52,1
5	8,7	2,5	45,0	46,2	45,0	50,2
6	8,5	3,7	45,0	46,7	45,5	50,3
7	8,7	3,3	45,3	46,8	45,2	49,9
8	8,2	3,6	47,4	49,2	45,2	48,3
9	8,4	6,9	44,9	48,2	45,5	50,5
10	7,6	6,0	46,1	49,0	45,0	49,8
11	7,9	6,7	43,8	46,9	45,0	51,8
12	7,3	3,0	47,5	49,0	45,5	48,7
13	7,1	4,5	47,0	49,2	45,2	49,2
14	7,2	8,6	42,6	46,6	46,2	53,3
15	6,9	3,4	48,1	49,8	45,5	48,3
16	7,6	3,4	46,6	48,2	47,0	49,3
17	7,0	4,1	47,0	49,0	47,5	49,3
18	7,1	4,2	47,8	49,9	45,5	48,5

b) Kurzanalyse der Schlitzproben der Titiribi-Bolombolo-Senke ( Gut < 1,5)

Proben-Nr.	Wasser %	Asche wf%	Fl.Best. wf %	Fl.Best. waf %	FB <sub>RV</sub> %	Koks %
1	7,3	3,8	46,3	48,1	45,0	49,8
2	10,4	2,7	44,2	45,4	44,7	50,0
19	4,1	7,3	41,8	45,1	40,0	55,8
20	2,7	11,0	38,1	42,8	36,2	60,2
21	1,5	5,2	15,4	16,2	12,0	83,3
22	1,5	4,3	20,7	21,6	16,3	78,1
23	1,6	7,3	30,6	33,0	28,5	68,3
24	1,7	11,1	36,2	40,7	35,0	62,7
25	1,5	3,8	23,2	24,1	19,5	75,6
26	3,5	4,9	39,5	41,5	37,5	58,4
27	3,7	4,5	45,4	47,5	41,3	52,6
28	4,7	2,1	44,1	45,0	40,2	53,3
29	5,4	3,6	44,8	47,4	40,2	52,2
30	3,9	5,2	41,5	43,8	38,5	56,2
31	5,0	2,0	41,8	42,7	39,4	55,3
32	4,4	2,8	45,2	46,5	40,3	52,4
33	4,8	1,3	44,5	45,1	39,8	52,8
34	6,5	3,2	44,1	45,6	41,6	52,3
35	4,5	2,4	46,6	47,7	40,8	51,0
36	5,8	2,2	45,2	46,2	40,8	51,6
37	10,0	6,9	45,9	49,3	45,0	48,7
38	11,0	3,5	43,4	45,0	45,2	50,4
39	3,6	3,4	8,8	9,1		87,9
40	8,9	3,7	42,9	44,5	43,5	52,0
41	6,0	4,8	3,9	4,1		90,3

Tabelle 22 ;

a) Ergebnisse der Elementarzusammensetzung der Schlitzproben der Amaga-Mulde (Gut &lt; 1,5)

Probe-Nr.	C % wf	C % waf	H % wf	H % waf	N % wf	N % waf	O % wf	O % waf	S % wf	Pyr.-S % wf	Sulf.-S % wf	org.-S % wf	Cl % wf
4	69,5	73,7	5,34	5,66	1,87	1,98	16,5	17,5	1,00	0,12	0,01	0,87	0,0
5	72,1	74,1	5,43	5,58	1,81	1,86	17,2	17,6	0,79	< 0,01	0,01	0,77	0,0
6	72,3	75,0	5,45	5,66	1,78	1,85	16,0	16,6	0,78	< 0,01	0,01	0,76	0,0
7	71,7	74,3	4,96	5,14	1,74	1,80	17,7	18,3	0,42	< 0,01	0,01	0,40	0,0
8	70,7	73,5	5,82	6,05	1,83	1,90	17,3	18,0	0,50	< 0,01	0,03	0,46	0,0
9	63,8	74,1	4,83	5,20	1,69	1,82	17,1	18,3	0,46	< 0,01	0,01	0,44	0,0
10	69,3	74,0	4,50	4,80	1,64	1,75	17,8	18,9	0,46	< 0,01	0,01	0,44	0,0
11	69,8	74,3	4,36	4,64	1,68	1,79	17,5	18,6	0,61	< 0,01	0,01	0,59	0,0

b) Ergebnisse der Elementarzusammensetzung der Schlitzproben der Titiribi-Bolombolo-Senke (Gut &lt; 1,5)

Probe-Nr.	C % wf	C % waf	H % wf	H % waf	N % wf	N % waf	O % wf	O % waf	S % wf	Pyr.-S % wf	Sulf.-S % wf	org.-S % wf	Cl % wf
19	69,3	74,7	4,44	4,79	1,67	1,80	14,8	16,0	2,47	0,06	0,60	1,81	0,03
20	70,1	78,3	4,47	4,99	1,62	1,81	12,2	13,6	1,12	0,05	0,16	0,91	0,02
21	84,3	89,3	4,18	4,43	2,11	2,24	2,7	2,9	1,01	0,08	0,14	0,79	0,04
22	82,3	86,1	4,26	4,46	2,10	2,20	5,4	5,7	1,41	0,21	0,19	1,01	0,04
23	77,4	83,4	4,96	5,35	2,04	2,20	6,0	6,5	2,31	0,60	0,66	1,05	0,02
24	71,1	78,9	4,68	5,19	2,03	2,25	9,9	11,0	2,36	0,14	0,79	1,43	0,02
25	81,6	85,1	4,50	4,70	2,23	2,33	6,9	7,2	0,62	0,02	0,04	0,56	0,02
26	75,2	78,7	4,86	5,08	1,83	1,91	13,0	13,6	0,60	0,01	0,01	0,58	0,02
28	76,5	78,1	5,72	5,84	1,85	1,89	13,5	13,8	0,37	< 0,01	0,01	0,35	0,02
30	73,2	77,0	5,37	5,65	1,74	1,83	13,9	14,6	0,87	0,02	0,04	0,81	0,02
31	75,8	77,3	3,62	3,69	1,71	1,74	16,4	16,7	0,56	< 0,01	0,01	0,54	0,02
33	70,5	73,1	4,95	5,13	1,62	1,68	18,7	19,4	0,65	< 0,01	0,02	0,62	0,02
39	80,7	83,5	2,69	2,78	2,15	2,23	10,3	10,7	0,76	0,04	0,17	0,55	0,03
40	71,0	73,7	4,74	4,92	1,70	1,77	18,2	18,9	0,55	< 0,01	0,02	0,52	0,04
41	88,0	92,2	1,56	1,64	1,48	1,55	3,4	3,6	0,88	0,05	0,23	0,60	0,04

Tabelle 23:

H/C- und O/C-Atomverhältnisse der Schlitzproben

Probe	H/C	O/C
4	0,922	0,178
5	0,903	0,178
6	0,906	0,166
7	0,830	0,184
8	0,987	0,184
9	0,841	0,185
10	0,778	0,191
11	0,750	0,187
19	0,769	0,161
20	0,764	0,130
21	0,595	0,024
22	0,621	0,050
23	0,770	0,059
24	0,789	0,105
25	0,663	0,064
26	0,774	0,130
28	0,897	0,132
30	0,880	0,142
31	0,573	0,162
38	0,842	0,197
39	0,399	0,096
40	0,801	0,192
41	0,214	0,030

Tabelle 24:

Die Minerale der Steinkohle (nach M.-Th. Mackowsky - 1971)

Mineralart	syngenetische Bildung (innig verwachsen)		epigenetische Bildung	
	eingeschwemmt	neu gebildet	auf Spalten, Rissen u. Hohlräumen abgesetzt (derb verwachsen)	durch Umwandlung syngenetischer Minerale (innig verwachsen)
Tonminerale	Kaolinit, Illit, Serizit, Tonminerale mit Wechsellagerungsstruktur, Tonsteine			Illit, Chlorit
Carbonatspäte		Siderit-Ankerit-Konkretionen, Dolomit, Calcit, Ankerit Siderit, Calcit, Ankerit i. Fusit	Ankerit Calcit Dolomit	
Sulfidische Erzminerale		Pyrit-Konkretionen Melnikovit-Pyrit derber Pyrit (Markasit) FeS <sub>2</sub> -CuFeS <sub>2</sub> -ZnS-Konkretionen Pyrit im Fusit	Pyrit Markasit (Sphalerit) Zinkblende Kupferkies (Chalkopyrit) Bleiglanz (Galenit)	Pyrit aus der Umwandlung von syngenetischen FeCO <sub>3</sub> -Konkretionen
Oxydische Erzminerale		Hämatit	Goethit, Lepidokrokit (Nadeleisenerz)	
Quarz	körniger Quarz	Chalcedon und Quarz aus der Verwitterung der Feldspäte und Glimmer	Quarz	
Phosphorminerale	Apatit	Phosphorit		
Schwerminerale und Akzessorien	Zirkon, Turmalin, Rutil, Orthoklas, Biotit		Chloride, Sulfate, Nitrate	

Tabelle 25:

Röntgenographisch erfaßte Minerale der Amaga-Mulde

Klasse	Minerale	Chemie	Abkürzung in den Tabellen
Sulfide	Pyrit	$\text{FeS}_2$	P
	Markasit	$\text{FeS}_2$	M
Oxide	Quarz	$\text{SiO}_2$	Q
Karbonate	Calcit	$\text{CaCO}_3$	C
	Aragonit	$\text{CaCO}_3$	A
	Dolomit	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	D
	Siderit	$\text{FeCO}_3$	S
Sulfate	Bassanit	$\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	B
Silikate	Talk/ Pyrophyllit	$\text{Mg}_3 \text{[(OH)}_2/\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ $\text{Al}_2 \text{[(OH)}_2/\text{Si}_4\text{O}_{10}]$	T
	Kaolinit	$\text{Al}_4 \text{[(OH)}_8/\text{Si}_4\text{O}_{10}]$	K
	Serizit/Illit	$(\text{K}, \text{H}_3\text{O}) \text{Al}_2 (\text{OH})_2 / \text{AlSi}_3\text{O}_{10}$	I

Tabelle 26:

Qualitative röntgenographische Untersuchungen der Proben der Amaga-Mulde

Proben-Nr.	Mineralsubstanz aus der Plasmakaltentkohlung H/N - H/B	Fraktion >1,5 H/N - H/B	Fraktion 1,5-1,9 H/N - H/B	Fraktion >1,9 H/N - H/B
4 Flöz Capotera		P/K,Q,C/M		
5 Flöz 1	B/S,C/K,Q,P	S,C/D,K,Q,P (+) S,C,D (-) B		
6 Flöz 2	B/S,C,D,P/Q,I,I	D,S,P/C,Q,K/- (+) P,D,S,K (-) B		
7 Flöz 3	B,D/S,C/Q,K,P	D,S/C,Q,K,P (+) D,S,C (-) B		
8 Flöz 4		K,Q/I,P/C,S		
9 Flöz 5			K/Q/I,T,S	K,C,A/Q,P/I,T,M (+) C,A,P (-) K,Q
10 Flöz 1N			K,S,C/Q,I/A,P,I,T	C/S,A/K,T,Q,D,P (+) C (-) S,K,Q,I
11 Flöz 2N			K/Q,C,S,P/I,D	C,K/Q,S,A/I,D,P (+) C,A (-) K,P

**Tabelle 27:**

Röntgenographisch ermittelter Mineralbestand von Kohlen unterschiedlicher Inkohlungsgrade der Titiribi-Bolombolo-Senke

Probe	Mineralbestand H/N - H/B	Mineralbestand H/N - H/B
24	Fraktion 1,5-1,9 P,K/C,D/Q,T,Sz	Fraktion > 1,9 K,D/C,P/F,T,Sz (+) K,C,D; (-) P
23	Fraktion 1,5-1,9 P,G/D,S,Sz/C,T	Fraktion > 1,9 G/P,C,D,S,Sz/T (+) C; (-) P
25	Fraktion 1,5-1,9 Kohle, D/P/K,T,G,Q,M,S	Fraktion > 1,9 D/-/K,P,T,Q (+) D; (-) Kohle, P
22	Fraktion > 1,5 Q,P,Kohle,K/G/T,An, Fe-Sulfat	
21	Fraktion 1,5-1,9 D,Kohle/P,C,Q/G,T,M, Fe-Sulfat	Fraktion > 1,9 D,C/Q,P,G/T,K (+) C,K,T; (-) Kohle
39	Fraktion > 1,5 P,Q/M,K,T/I,B,D,F	
41	Fraktion > 1,5 Kohle/M,D/P,C,K,T	Fraktion > 1,9 P,M/D,S,H,T/G,B,Q,T

**Tabelle 28: Grenzwerte von Aschenanalysen nach GUMZ/KIRCH/MACKOWSKY 1958**

	Steinkohle	Braunkohle
SiO <sub>2</sub>	25 - 45 %	8 - 18 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15 - 21 %	4 - 9 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20 - 45 %	2 - 6 %
CaO	2 - 4 %	25 - 40 %
MgO	0,5 - 1 %	0,5 - 6 %
TiO <sub>2</sub>	-----	-----
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	-----	-----
SO <sub>3</sub>	4 - 10 %	0 - 50 %

15. TAFELN 1 - 21

TAFEL 1

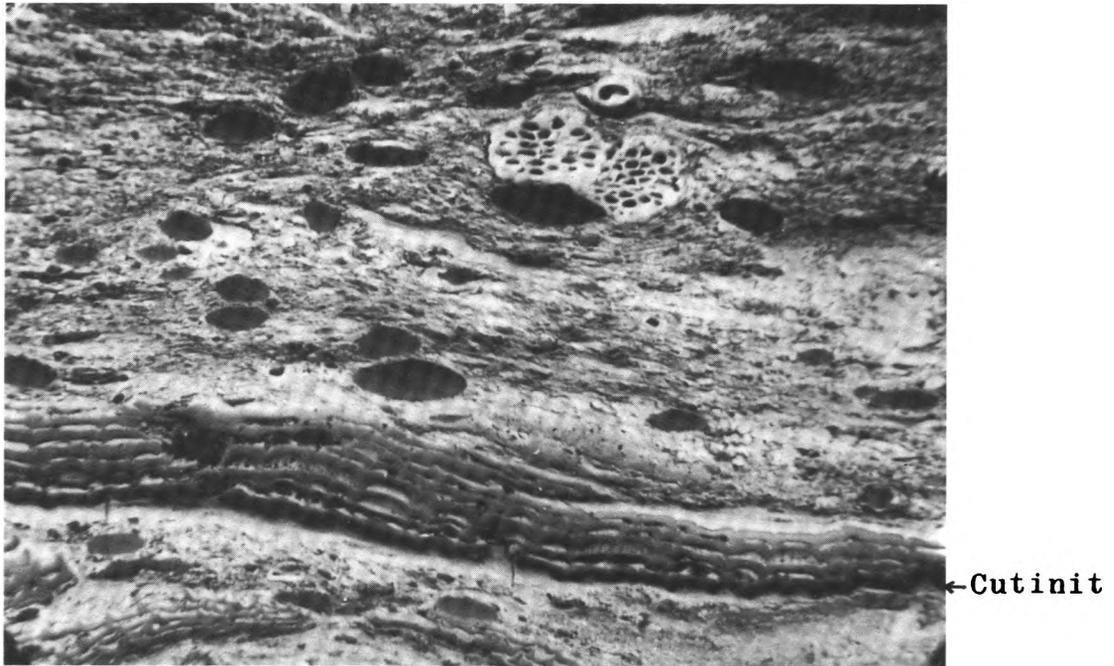


Fig.1:                   Anschliff 4, Flöz 4  
Dunkelgrauer Desmocollinit  
als Grundmasse für fast (schwarze  
Exinite) und Inertinite  
Auflicht, Glycerinimmersion  
Grünfilter  
V = 320 x

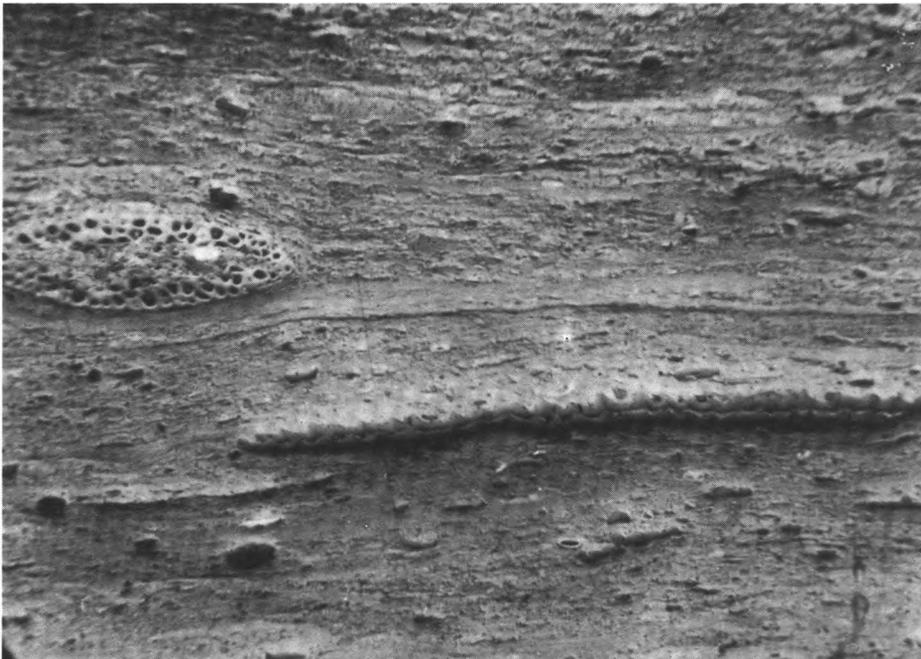
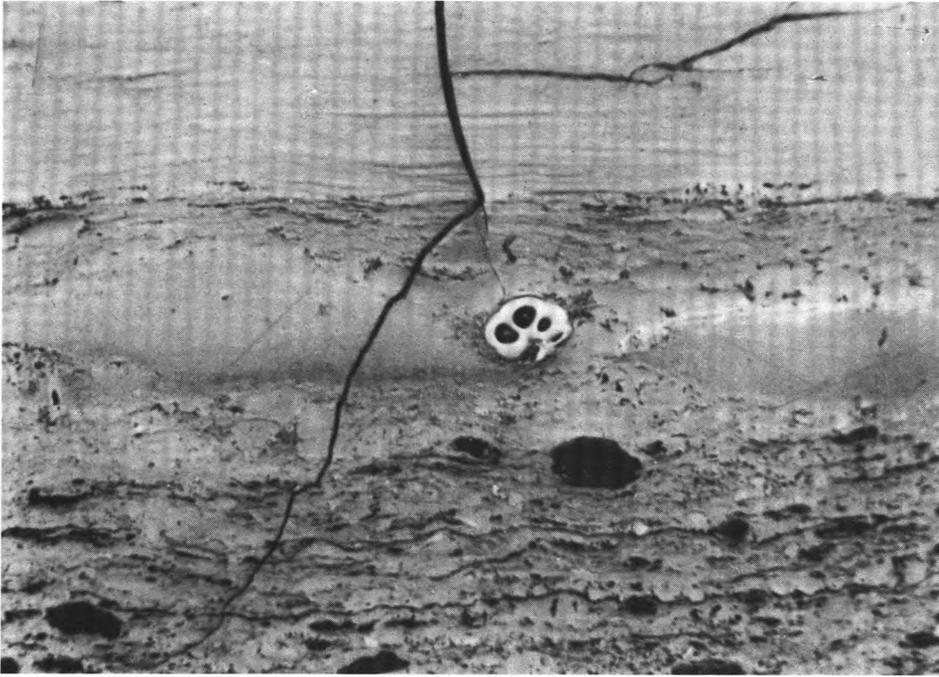
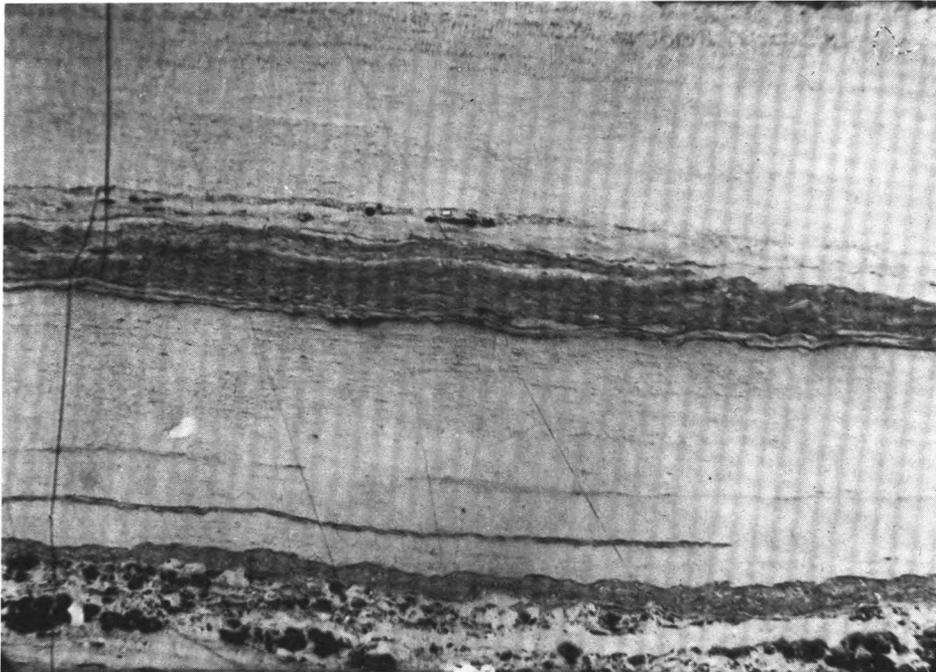


Fig.2:                   Anschliff 2, Flöz 4  
Grauer Desmocollinit als  
Grundmasse für Exinite und  
Inertinite  
Auflicht, Glycerinimmersion  
Grünfilter  
V = 320 x

TAFEL 2



**Fig.1:**                    **Anschliff 4, Flöz 1**  
oben: Telinit-Lage  
Mitte: Corpocollinite des Typs 1 + 2  
unten: Resinite, Cutinite, Corpocollinite in desmocollinitischer Grundmasse  
**Auflicht, Glycerinimmersion**  
**Grünfilter**  
**V = 320 x**



**Fig.2:**                    **Anschliff 5, Flöz 1**  
**Telocollinit-Lagen zwischen**  
**Suberinit-Lagen**  
**Auflicht, Glycerinimmersion**  
**Grünfilter**  
**V = 320 x**

TAFEL 3

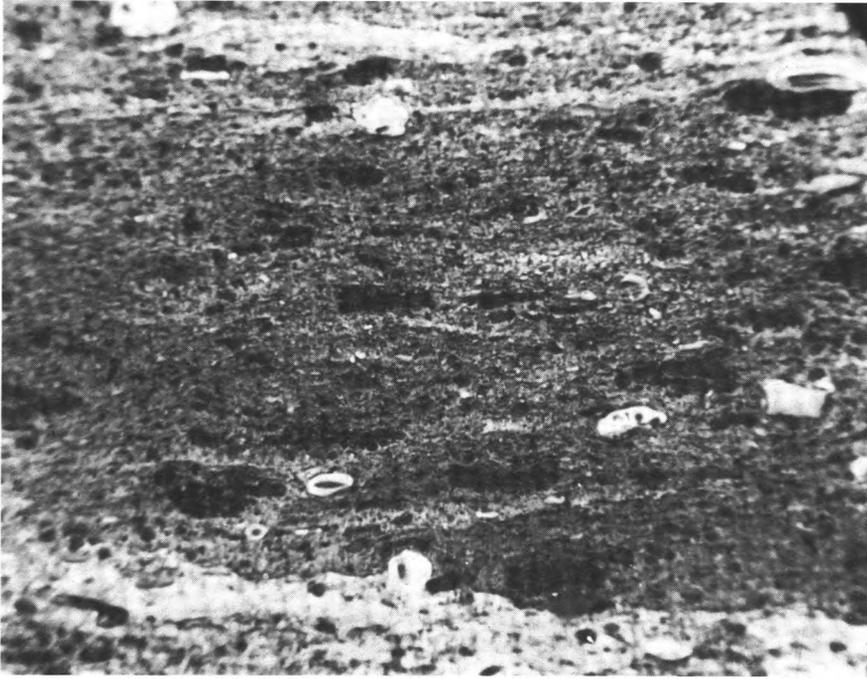


Fig.1:                   Anschliff 32, Flöz 1  
Skulpturierte Mikrosporen in  
bituminitischer Grundmasse  
Auflicht, Glycerinimmersion  
Grünfilter  
V = 320 x

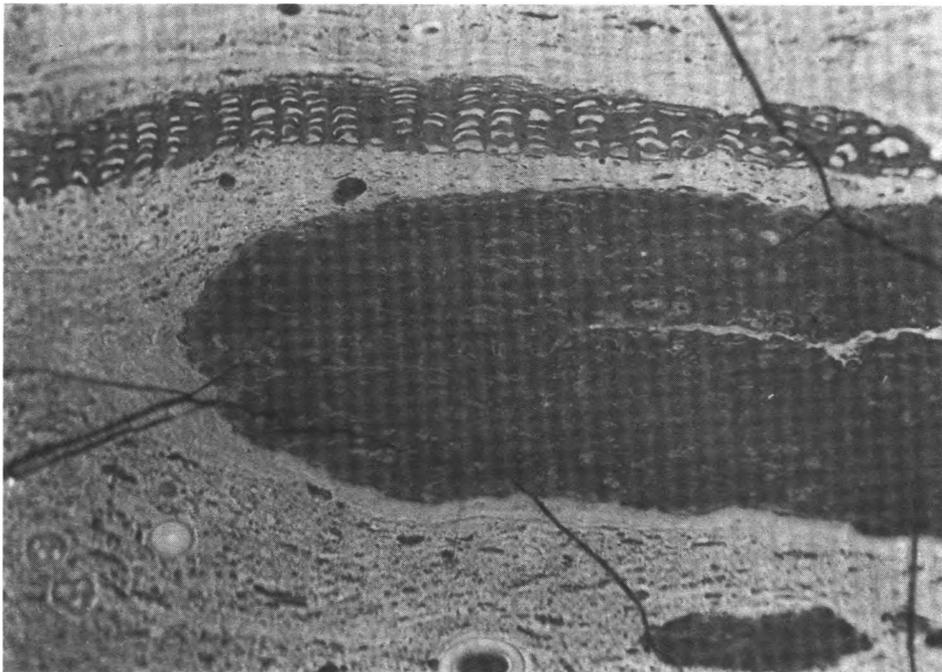


Fig.2:                   Anschliff 11, Flöz Capotera  
Mitte: Sporangium in desmo-  
collinitischer Grund-  
masse  
Auflicht, Glycerinimmersion,  
Planglas  
V = 200 x

TAFEL 4

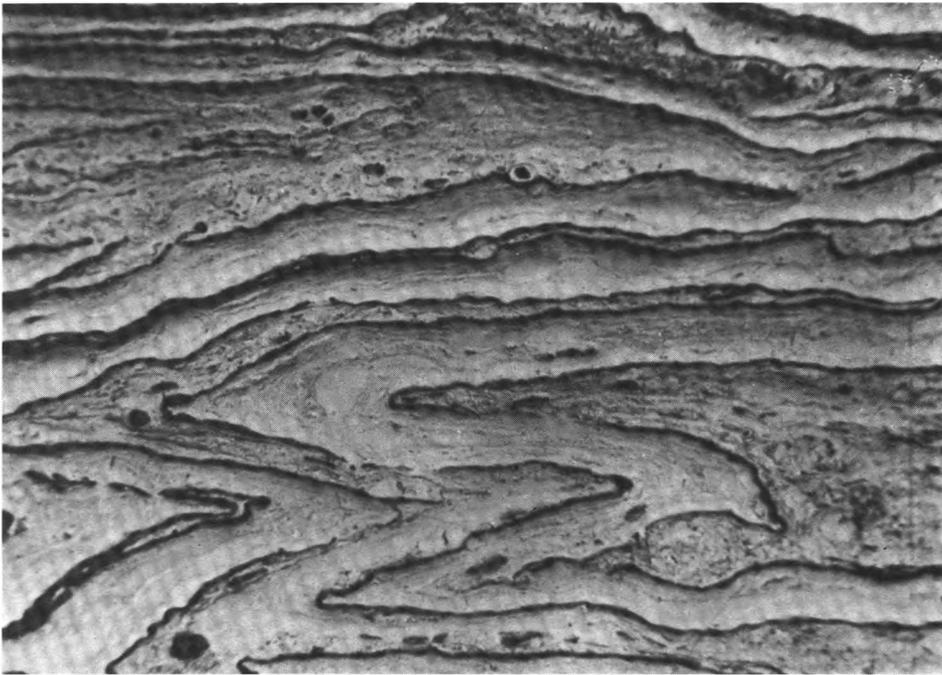


Fig.1:                   Anschliff 37, Flöz 1  
Cutinit in desmocollini-  
tischer Grundmasse  
Auflicht, Glycerin-  
immersion, Grünfilter  
V = 320 x

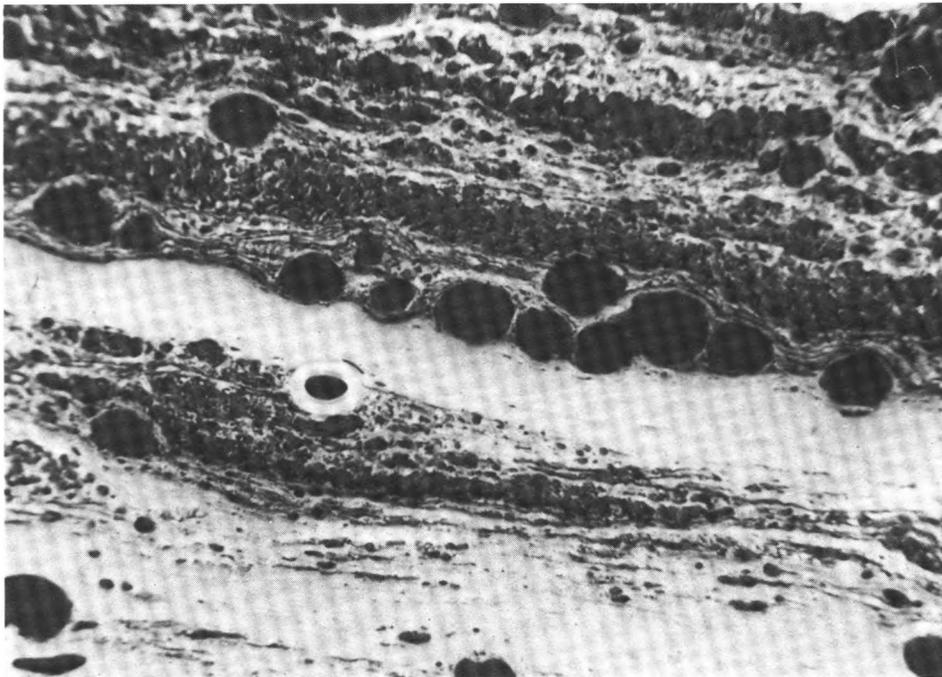


Fig.2:                   Anschliff 19, Flöz 1  
Resinite verschiedener  
Größen im Auflicht,  
Glycerinimmersion,  
Grünfilter  
V = 320 x

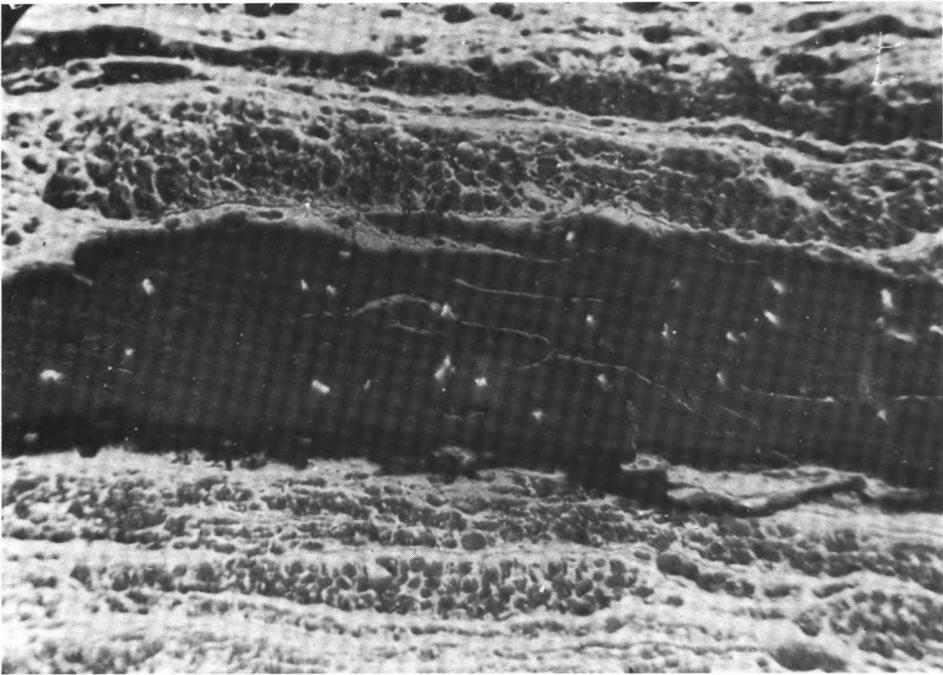


Fig.1:                   Anschliff 43, Flöz 3  
Große Harzklumpen und  
kleine Resinit-Körper  
in desmocollinitischer  
Grundmasse  
Auflicht, Glycerinimmer-  
sion, Grünfilter  
V = 200 x

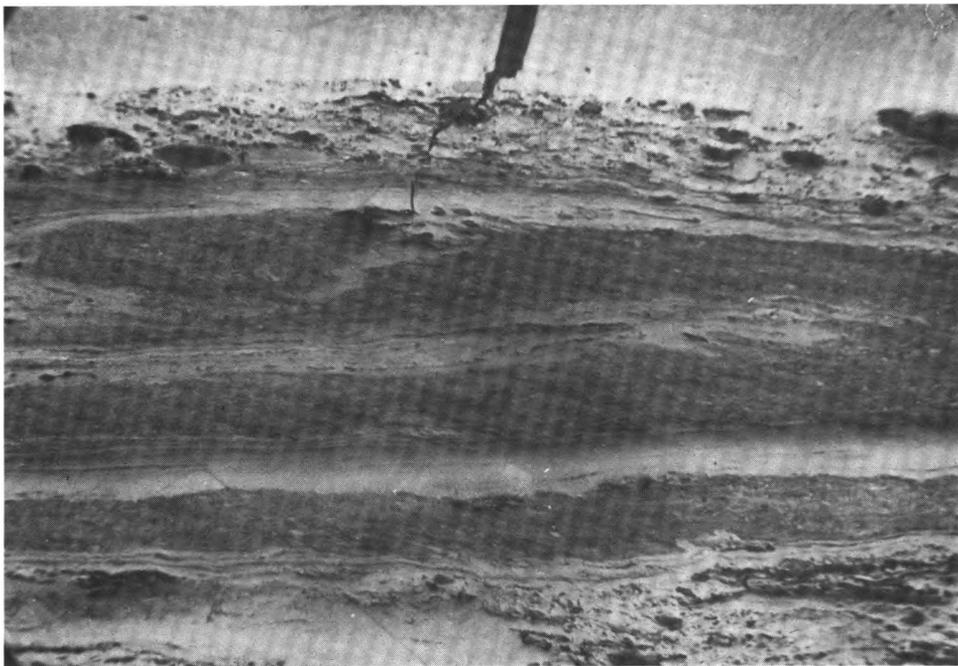


Fig.2:                   Anschliff 1, Flöz 4  
Suberinit-Lagen in colli-  
nitischer Grundmasse  
Auflicht, Glycerinimmer-  
sion, Grünfilter  
V = 320 x

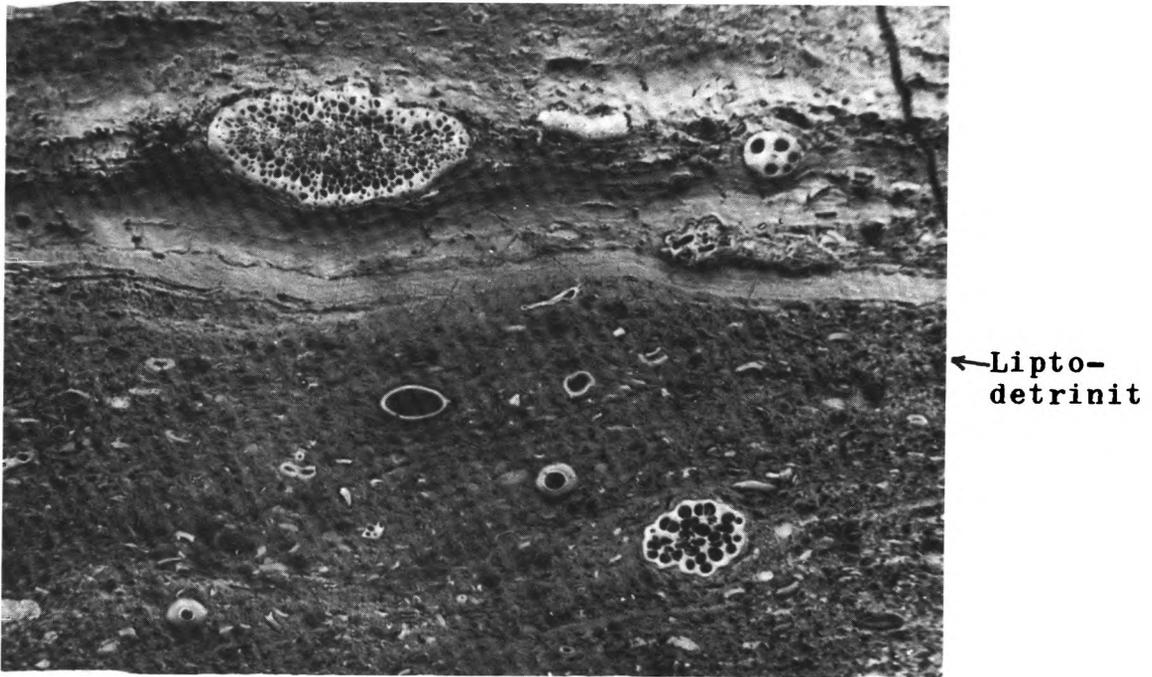


Fig.1:                   Anschliff 32, Flöz Capotera  
                          oben: große Sklerotie  
                          unten: Bituminit als Grund-  
                                      masse für Inertinite u. Liptodetrinite  
                          Auflicht, Glycerinimmersion,  
                          Grünfilter  
                          V = 200 x

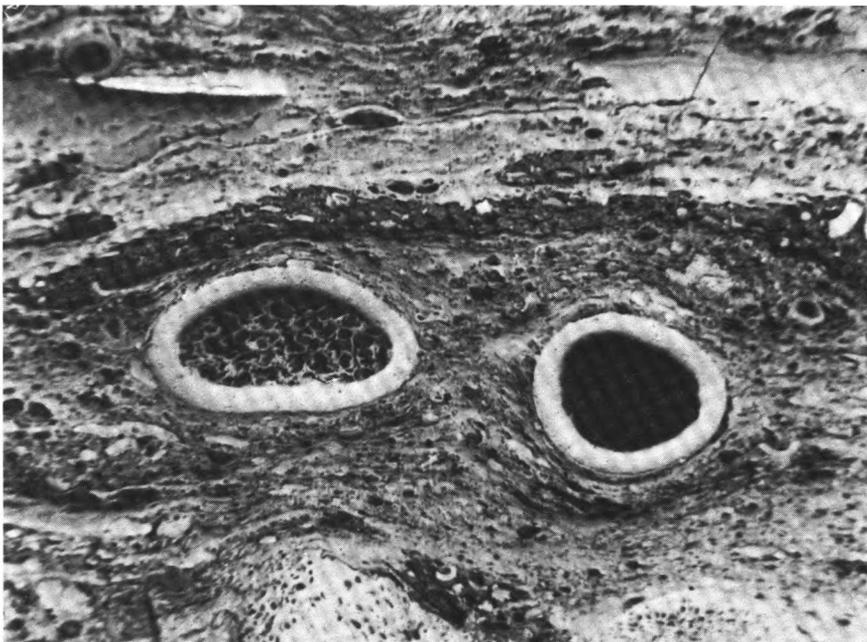


Fig.2:                   Anschliff 32, Flöz Capotera  
                          Große Pilzsporen in desmocolli-  
                                      nitischer Grundmasse  
                          Auflicht, Glycerinimmersion,  
                          Grünfilter  
                          V = 320 x

TAFEL 7

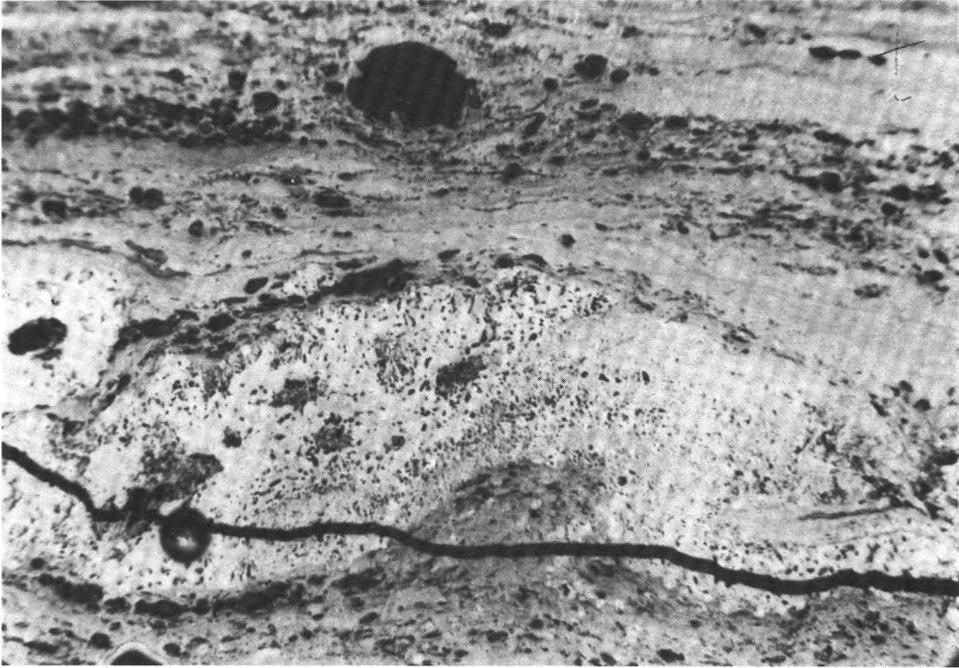


Fig.1:                   Anschliff 30, Flöz 1  
Plectenchym-Sklerotinit  
Glycerinimmersion,  
Grünfilter  
V = 320 x

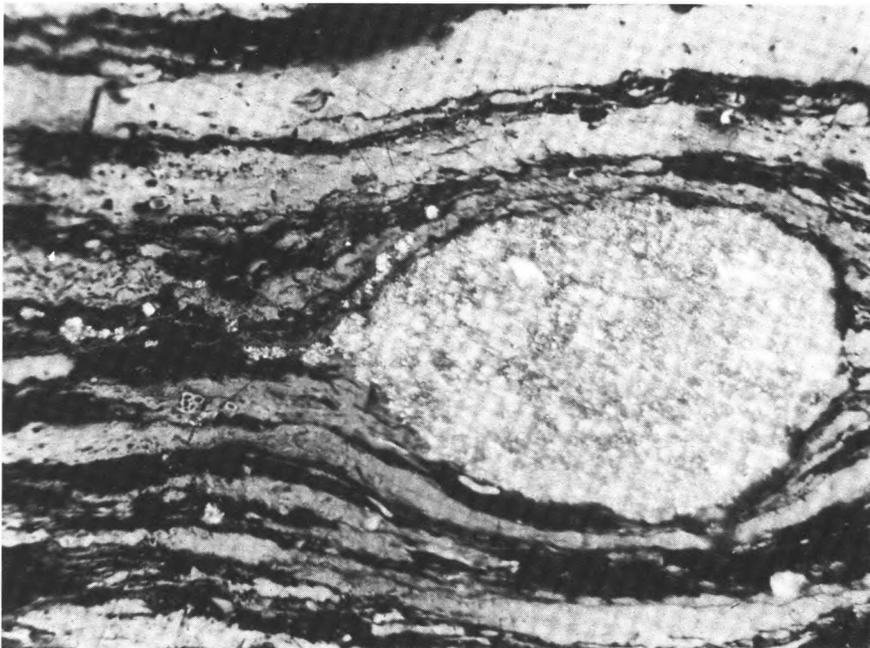


Fig.2:                   Anschliff 2, Flöz Capotera  
Große Pyritkonkretion,  
Wechselagerung von Carbar-  
giliten und Carbopolymeriten  
Glycerinimmersion, Grünfilter  
V = 320 x

TAFEL 8

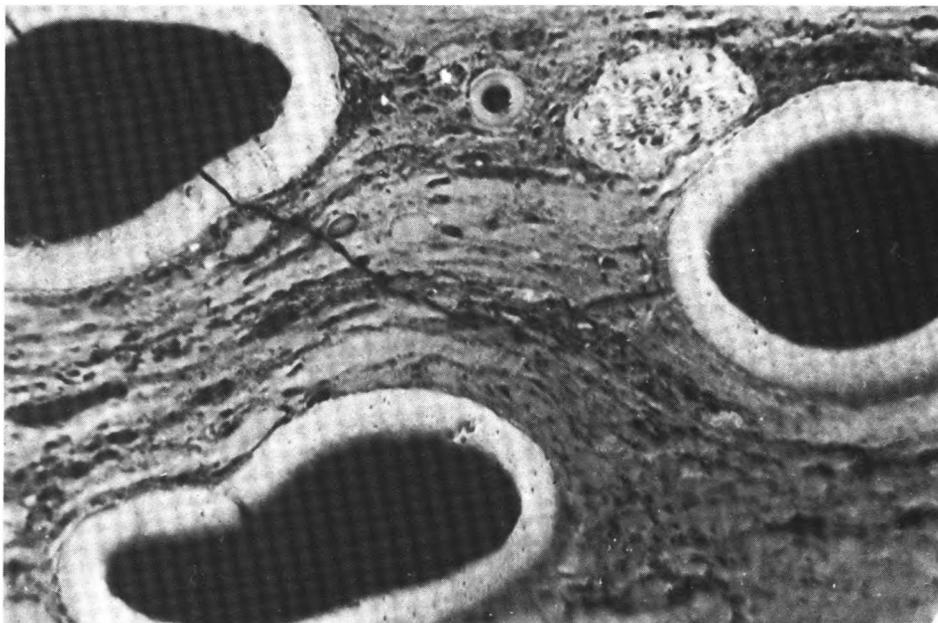


Fig.1:                   Anschliff 32, Flöz Capotera  
Sklerotinite (Pilzsporen)  
in desmocollinitischer  
Grundmasse  
Glycerinimmersion, Grün-  
filter  
V = 500 x

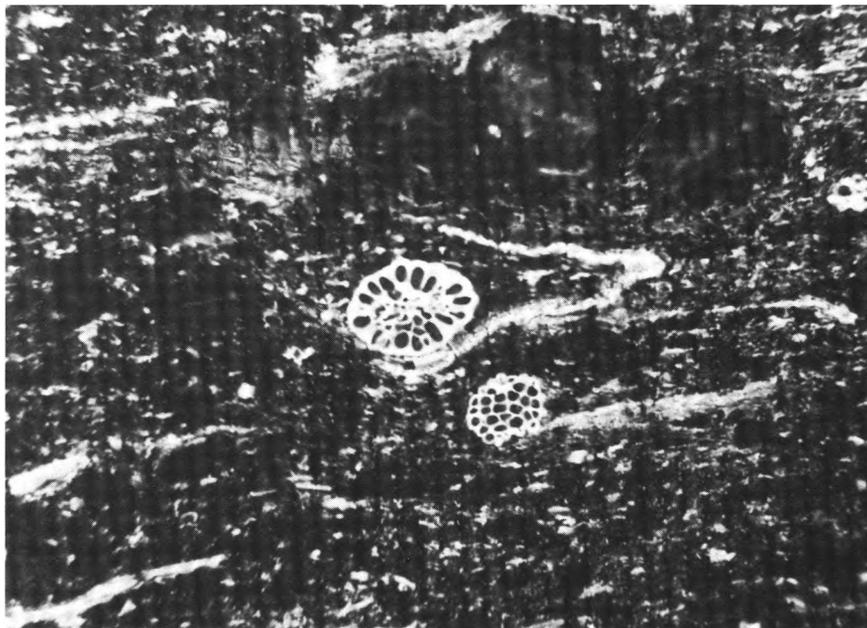


Fig.2:                   Anschliff 22, Flöz 1  
Schieferton mit Quarz  
Sklerotinit und Vitrit-  
resten  
Glycerinimmersion, Grün-  
filter  
V = 320 x

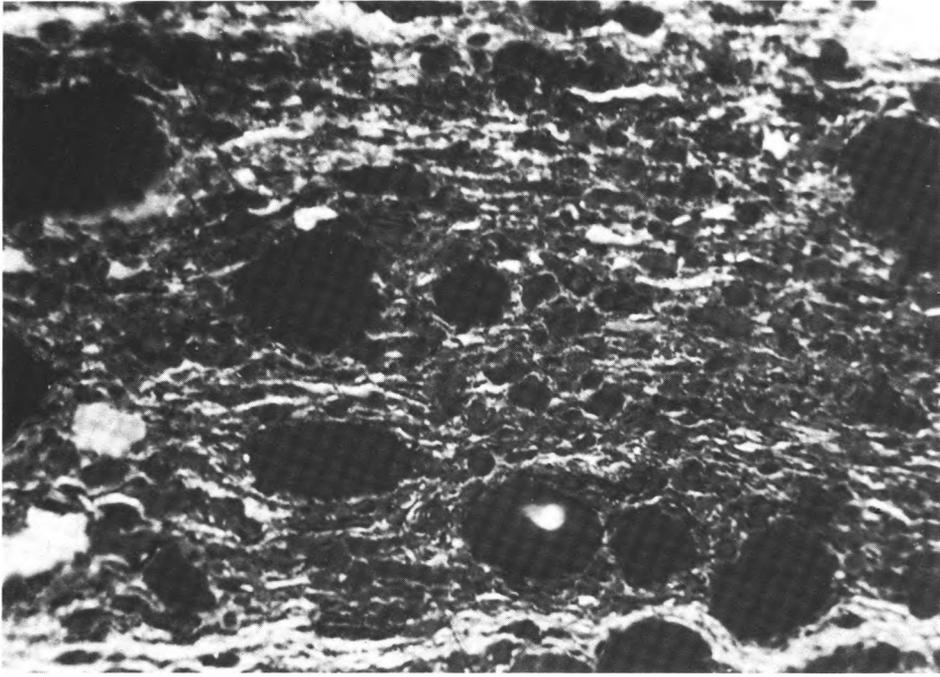


Fig. 1:           Anschliff 28, Flöz 1  
Resinitkörper in desmocolli-  
nitischer und bituminitischer  
Grundmasse  
Glycerinimmersion, Grünfilter  
V = 500 x

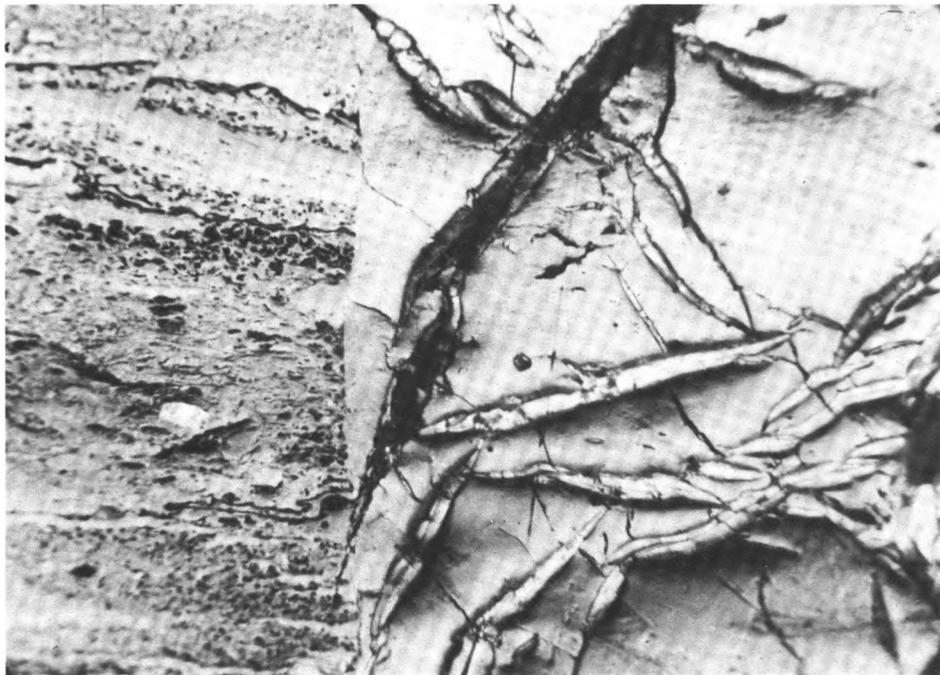


Fig.2:           Anschliff 37, Flöz 1  
Mikrosprung; links Clarit-  
lage, rechts Vitrit mit  
Karbonaten auf Rissen  
Glycerinimmersion, Grün-  
filter  
V = 320 x

TAFEL 10

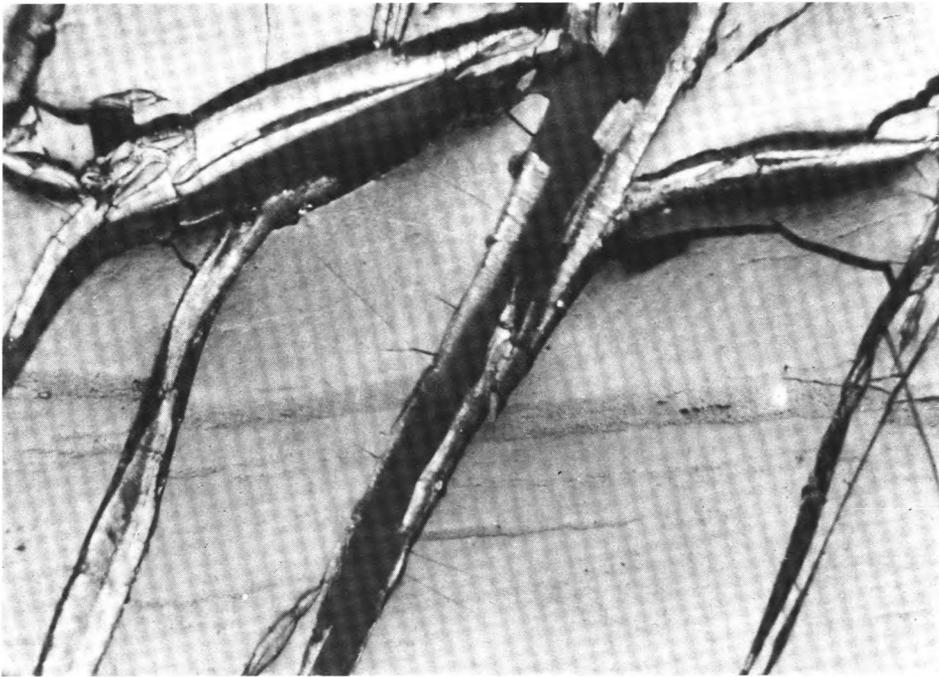


Fig.1:                   Anschliff 37, Flöz 1  
Karbonatfüllung auf Rissen  
in einer Vitritlage  
Glycerinimmersion, Grün-  
filter  
V = 320 x

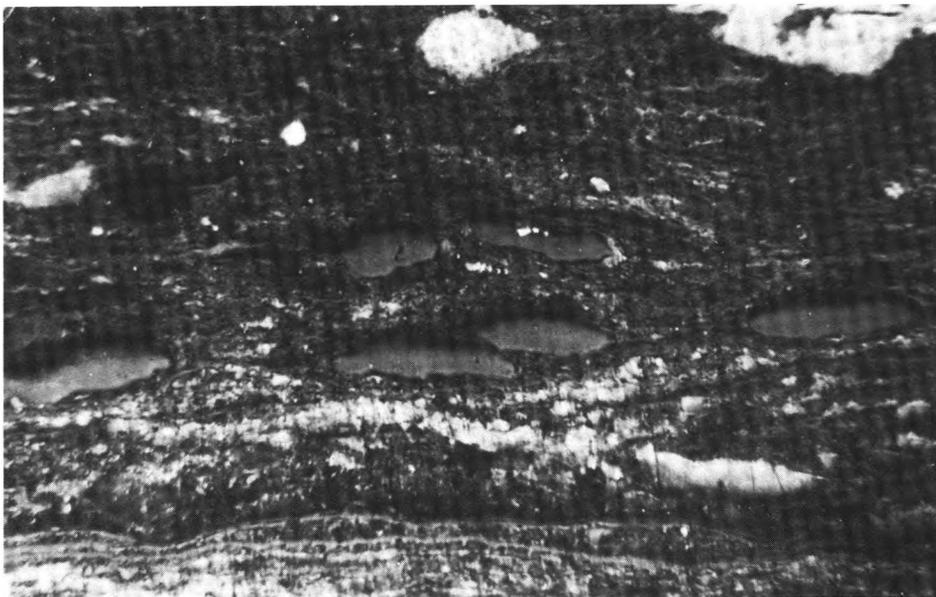


Fig.2:                   Anschliff 1, Flöz 2  
unten: Cutinitreste  
in Bergen  
Glycerinimmersion,  
Grünfilter  
V = 320 x

TAFEL 11

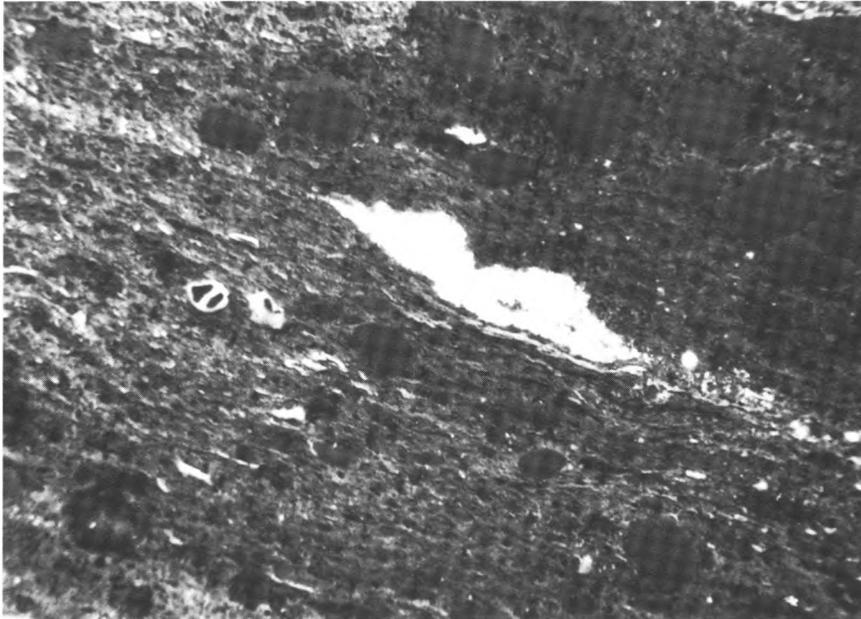


Fig.1:           Anschliff 2, Flöz 2  
                  Bituminit       mit Resinit,  
                  Liptodetrinit, Sklerotinit,  
                  Inertodetrinit, Pyrit, Quarz  
                  und Tonmineralen  
                  Glycerinimmersion, Grün-  
                  filter  
                  V = 320 x

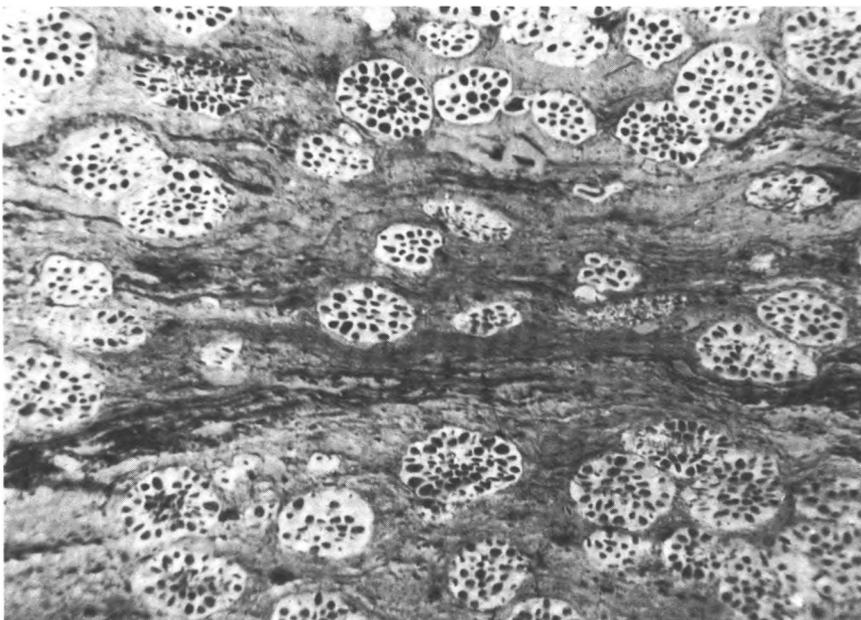


Fig.2:           Anschliff 2, Flöz 2  
                  Sklerotinit (Sklerotites  
                  Brandonianus) in vitrini-  
                  tischer Grundmasse  
                  Glycerinimmersion, Grün-  
                  filter  
                  V = 320 x

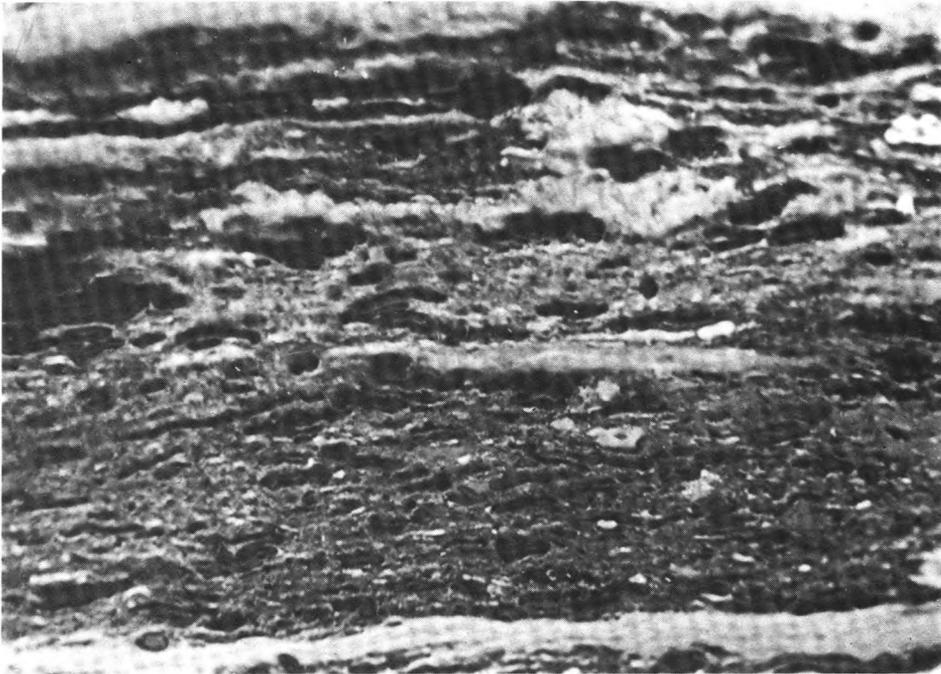


Fig.1:                   Anschliff 51, Flöz 2  
                          Bituminit           , reich  
                          an Sporinit  
                          Glycerinimmersion  
                          Grünfilter  
                          V = 500 x

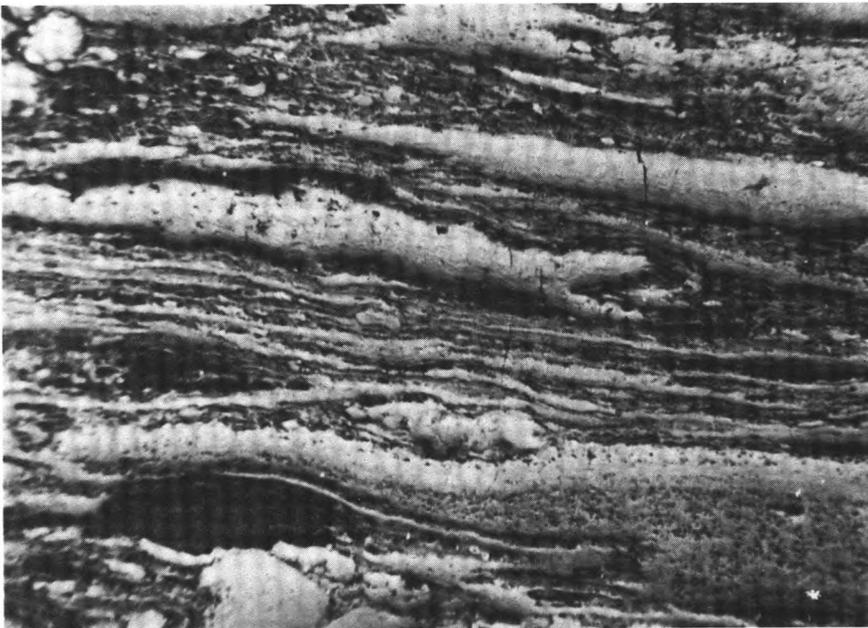


Fig.2:                   Anschliff 51, Flöz 2  
                          Wechselagerung von Bergen,  
                          Carbargiliten, Clariten und  
                          Vitriten  
                          Glycerinimmersion, Grün-  
                          filter  
                          V = 320 x

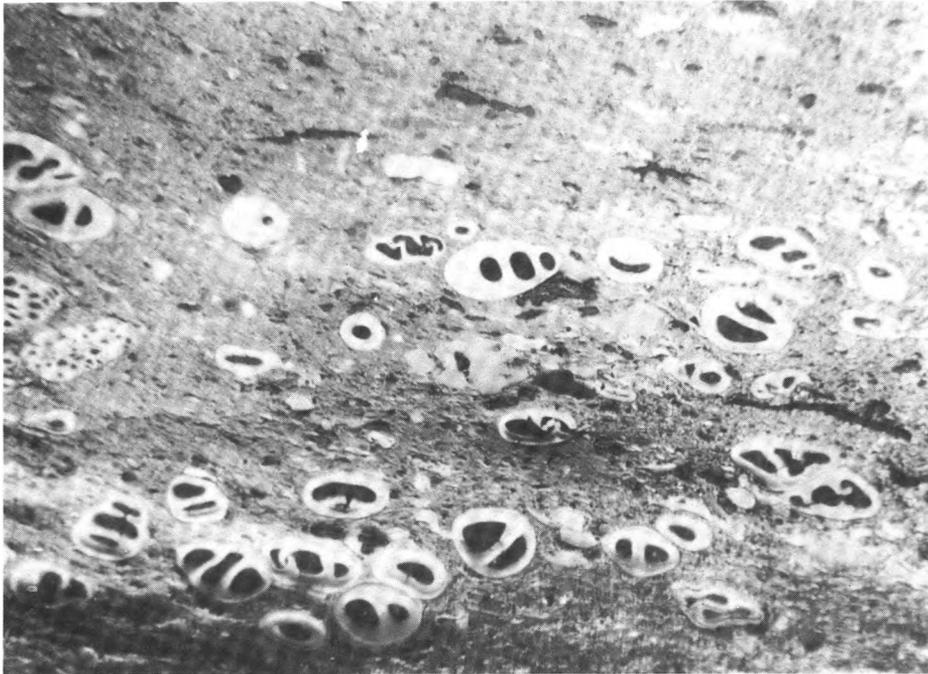


Fig.1:                   Anschliff 9, Flöz 3  
Bituminite mit Sklerotinit  
(Teleutosporen)  
Glycerinimmersion,  
Grünfilter  
V = 320 x

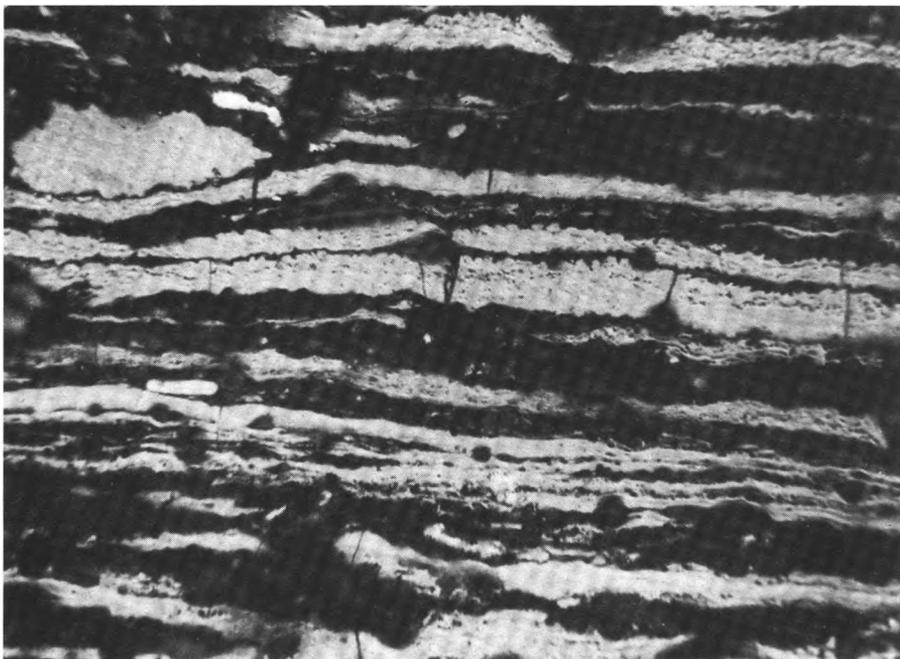


Fig.2:                   Anschliff 1, Flöz 4  
Wechselagerung von  
Bergen und Carbo-  
minerit  
Glycerinimmersion,  
Grünfilter  
V = 320 x

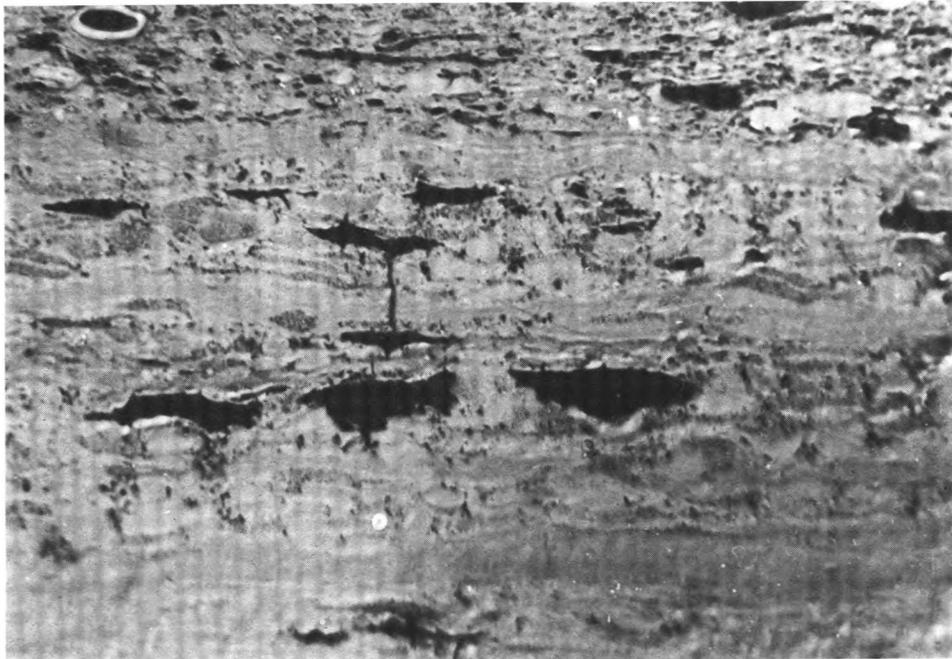


Fig.1:                   Anschliff 29, Flöz 4  
Clarit-Lage aus Telinit,  
Corpocollinit und  
Exudatinit  
Glycerinimmersion,  
Grünfilter  
V = 500 x

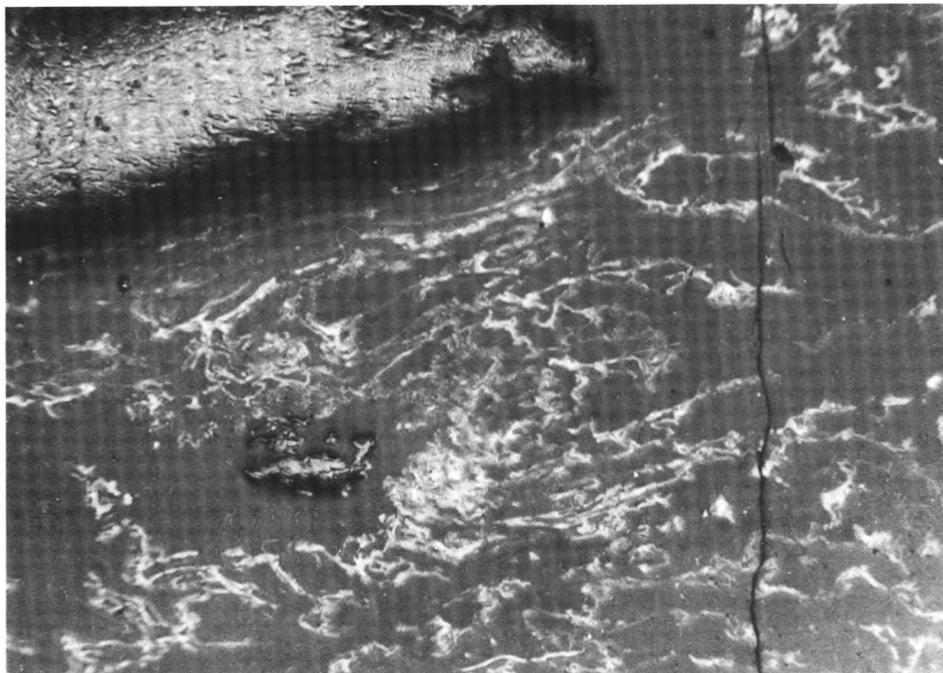


Fig.2:                   Anschliff 11, Flöz 5  
oben: Liptit (Resinit +  
Sporinit)  
unten: Clarit ( Resinit +  
Vitrinit)  
Glycerinimmersion, Grün-  
filter  
V = 300 x

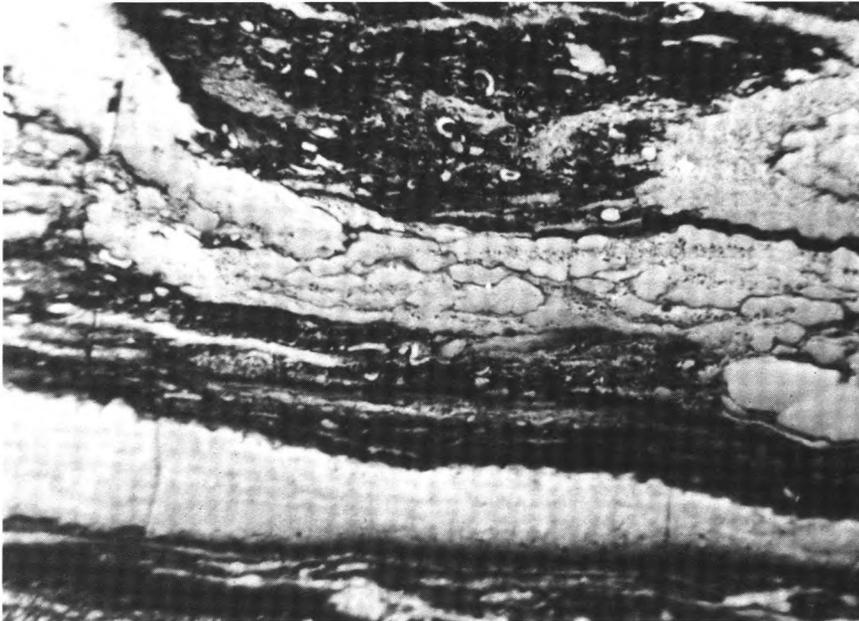


Fig.1:           Anschliff 10, Flöz 1N  
Berge, Carbargilit und  
Vitrite  
Glycerinimmersion,  
Grünfilter  
V = 320 x

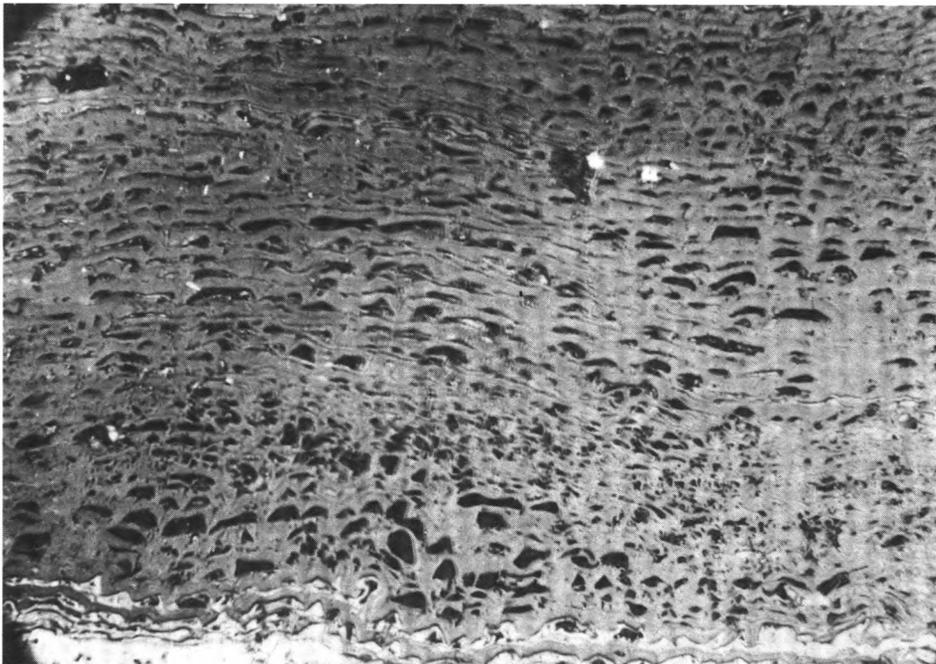
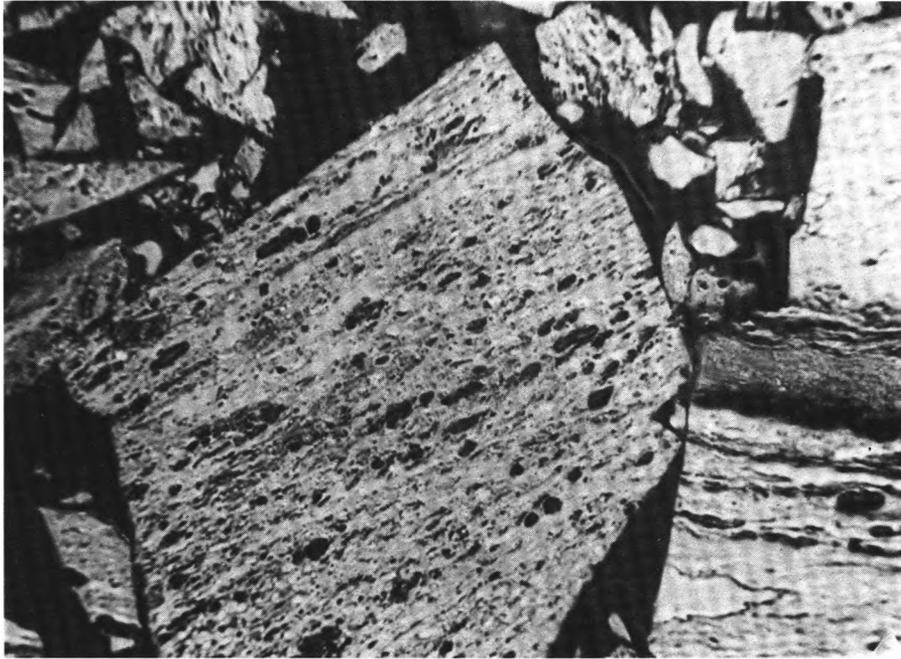
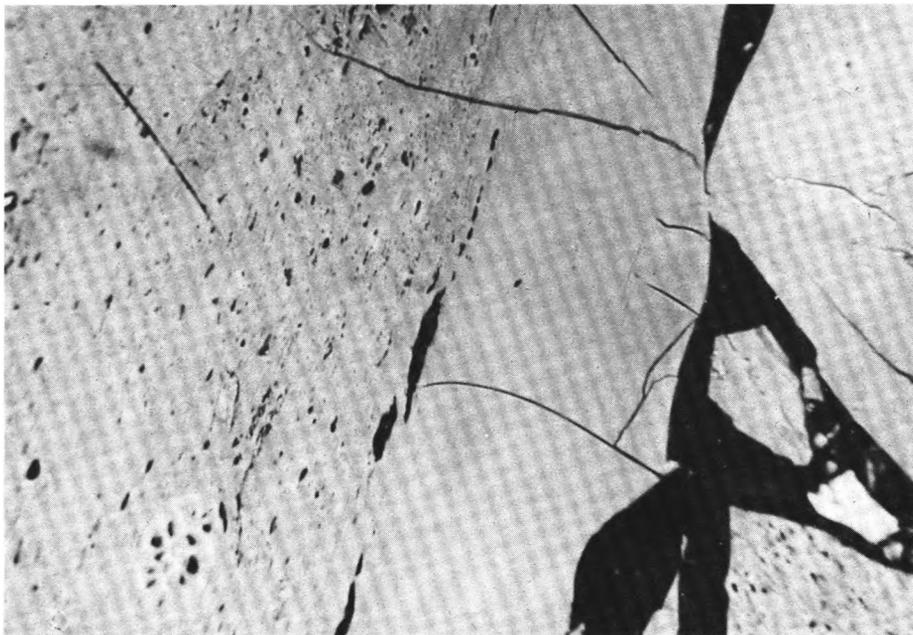


Fig.2:           Anschliff 1, Flöz 2N  
Liptit aus Cutinit  
Glycerinimmersion,  
Grünfilter  
V = 320 x



**Fig.1:** Schlitzprobe 37, Flöz La Grande (Glanzbraunkohle); Dunkelgrauer Desmocollinit als Grundmasse für fast schwarze Exinite  
Auflicht, Glycerinimmersion, Grünfilter  
V = 320 x



**Fig.2:** Körnerschliff der Schlitzprobe 40 Flöz 1 (Flammkohle)  
links: grauer bis hellgrauer Desmocollinit als Grundmasse für Exinite und Inertinite  
Auflicht, Glycerinimmersion, Grünfilter  
V = 320 x

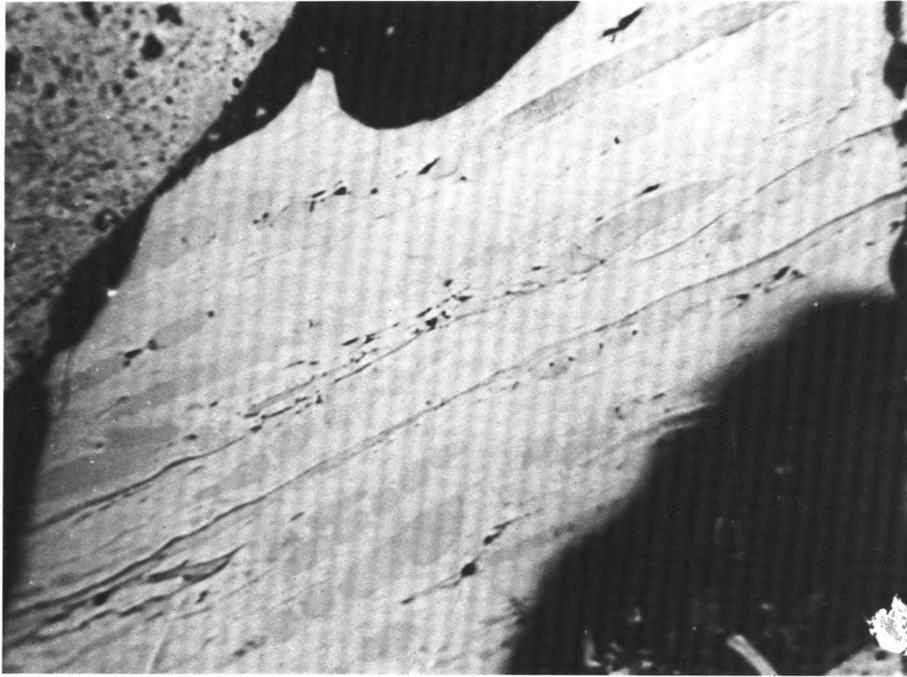


Fig. 1: Körnerschliff der Schlitzprobe 28  
Flöz Cenizosa (Gasflammkohle)  
Telinite, Telocollinite und Resinite  
Auflicht, Glycerinimmersion  
Grünfilter  
V = 320 x

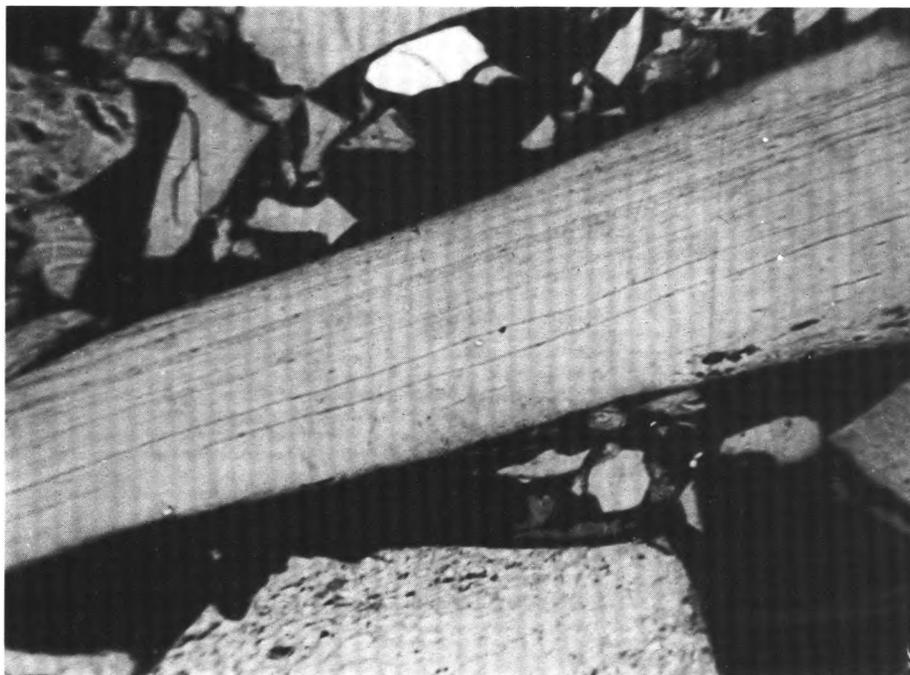
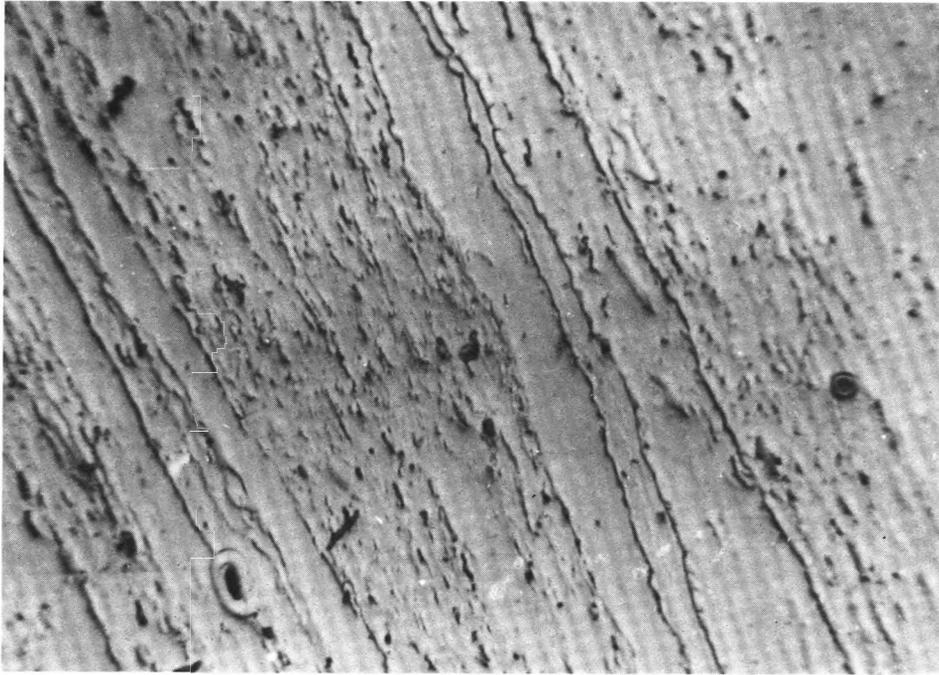
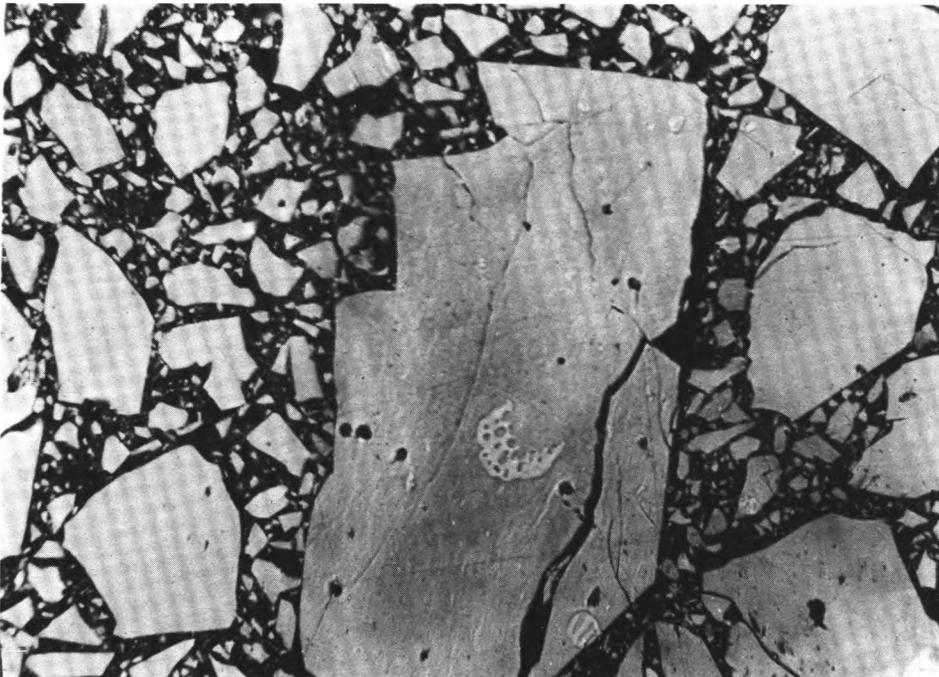


Fig.2: Körnerschliff der Schlitzprobe 26  
Telinite, Desmocollinit und Telocollinit  
Flöz La Regular (Gasflammkohle)  
Auflicht, Glycerinimmersion  
Grünfilter  
V = 320 x



**Fig.1:** Schlitzprobe 23, Flöz Fundicion  
(Gas/Fettkohle),Vitrinit als Grund-  
masse für Exinite und Inertinite  
Auflicht, Glycerinimmersion  
Grünfilter  
V = 320 x



**Fig.2:** Schlitzprobe 25, Flöz La Incognita  
(untere Fettkohle),Vitrinitkorn mit Iner-  
tiniten und etwas Exinit  
Auflicht, Glycerinimmersion  
Grünfilter  
V = 320 x



Fig.1: Schlitzprobe 22, Flöz 2 (EBkohle)  
Vitrinitkorn mit Inertiniten  
Glycerinimmersion, Grünfilter  
V = 320 x

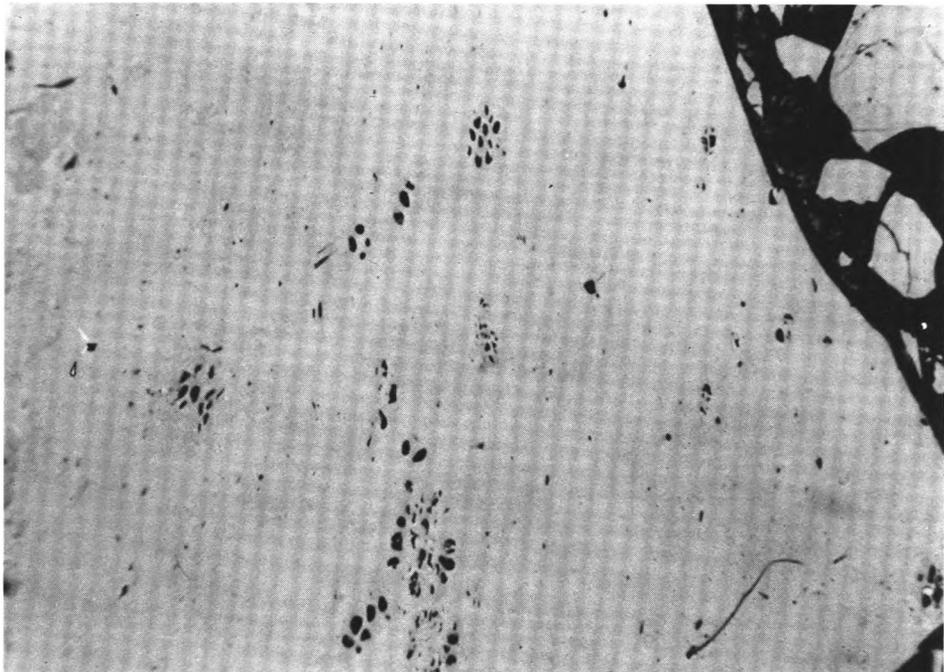


Fig.2: Schlitzprobe 21, Flöz 1 (Magerkohle)  
Vitrinitkorn mit Inertiniten  
(Sklerotites Brandonianus)  
Glycerinimmersion, Grünfilter  
V = 320 x

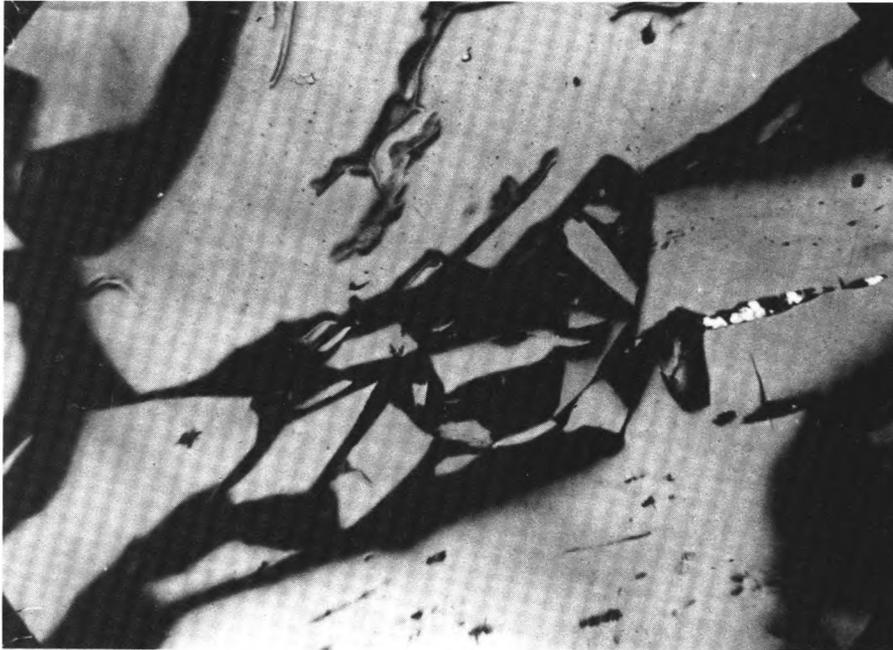


Fig.1: Schlitzprobe 39, Flöz Carbon-Duro  
(Anthrazit), Vitrinitkörner  
mit Oxidationserscheinungen  
Glycerinimmersion, Grünfilter  
V = 320 x

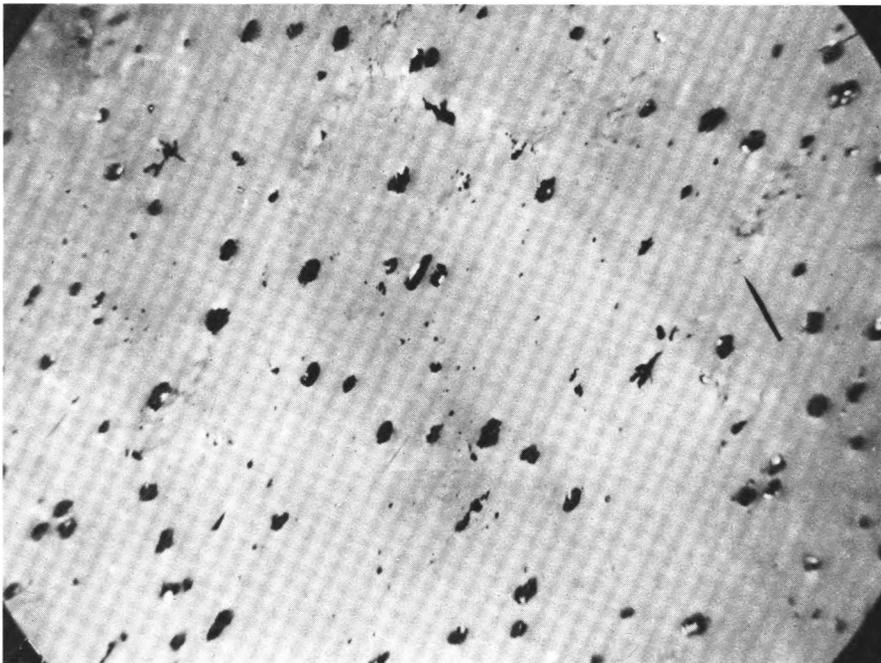


Fig.2: Schlitzprobe 41, Flöz 1  
(Meta-Anthrazit), Vi-  
trinitkorn mit kaum zu erkennen-  
den Inertiniten  
Glycerinimmersion, Grünfilter  
V = 320 x



Fig.1: Schlitzprobe 41, Flöz 1  
Das gleiche Bild wie Abb. 61,  
aber bei gekreuzten Nicols  
aufgenommen.  
Glycerinimmersion, Grünfilter  
V = 320 x



## BERLINER GEOWISSENSCHAFTLICHE ABHANDLUNGEN

Freie Universität Berlin – Technische Universität Berlin – Technische Fachhochschule Berlin

Bisher sind erschienen:

### Reihe A

- Band 7 / Heiner Krieger:** Hydrogeologische Untersuchungen zur Grundwasserneubildung in der Bitburger Mulde (Kylltal). 109 S., 31 Abb., 16 Tab., 1 Kart., 1978. DM 24,—
- Band 8 / Werner Schwarzhans:** Otolithen aus dem Unter-Pliozän von Südsizilien und der Toscana. 52 S., 4 Abb., 13 Taf., 1978.  
**Thomas Schlüter und Werner Schwarzhans:** Eine Bonebed-Lagerstätte aus dem Wealden Süd-Tunesiens (Umgebung Ksar Krerachfa). 14 S., 8 Abb., 3 Taf., 1978. DM 24,—
- Band 9 / Thomas Schlüter:** Zur Systematik und Palökologie harzkonservierter Arthropoda einer Taphozönose aus dem Cenomanium von NW-Frankreich. 150 S., 99 Abb., 13 Taf., 1978. DM 35,—
- Band 10 / Hans-Joachim Bauer:** Der Münsterländer Kiessandzug, Geologie, Hydrologie, Hydrochemie und Wasserwirtschaft. 136 S., 90 Abb., 25 Tab., 1979. DM 28,—
- Band 11 / Peter Arndt:** Zinngehalte in Schwermineralien aus thailändischen Zinnseifen (Beiträge zur Prospektionsmethodik und wirtschaftsgeologischen Analyse von Zinnseifen). 96 S., 11 Abb., 5 Taf., 39 Tab., 1979. DM 24,—
- Band 12 / Emanuel Pluhar:** Die Geochemie von Monaziten und ihre Anwendung bei der Prospektion von Zinnerzen. 59 S., 14 Abb., 5 Taf., 19 Tab., 1979. DM 19,—
- Band 13 / Antonios Papakonstantinou:** Die hydrogeologischen Verhältnisse im Raum der Ptolemais-Senke und des westlichen Vermiongebirges in Griechisch-Mazedonien. 79 S., 37 Abb., 15 Tab., 5 Anl., 1979. DM 26,—
- Band 14 / Bernd Lehmann:** Schichtgebundene Sn-Lagerstätten in der Cordillera Real/Bolivien. 135 S., 70 Abb., 20 Tab., 6 Taf., 1 Kart., 1979. DM 30,—
- Band 15 / René Prissang und Wolfdietrich Skala (eds.):** Beiträge zur Geomathematik. 126 S., 1979. DM 28,—
- Band 16 / Dieter Plöthner:** Hydrogeologie des Buntsandsteins im östlichen Rhön-Vorland (Sulz-Tal, N-Bayern) – Geologie, Hydrochemie, Wasserhaushalt, Aquifer-Kennziffern. 139 S., 50 Abb., 27 Tab., 8 Taf., 1979. DM 30,—
- Band 17 / Bernd Meißner:** Untersuchungen zur Bruchtektonik in der Zentralägäis. 122 S., 44 Abb., 3 Taf., 7 Kart., 1979.  
**Ursula Ripke:** Karte der Zentral- und Südägäis – Bruchtektonik –. 21 S., 7 Tab., 8 Taf., 1979. DM 35,—
- Band 18 / Michael Biste:** Die Anwendung geochemischer Indikatoren auf die Zinn-Höflichkeit herzynischer Granite in Süd-Sardinien. 107 S., 49 Abb., 35 Tab., 2 Taf., 1979. DM 24,—
- Band 19 / Dornsiepen & Haak (eds.):** Internationales Alfred-Wegener-Symposium – Kurzfassungen der Beiträge. 263 S., 1980. DM 32,—
- Band 20 / Joachim Pohlmann (ed.):** Festschrift MAX RICHTER – zum 80. Geburtstag –. 235 S., 1980. DM 40,—
- Band 21 / Rüdiger Glaeser:** Geochemische und sedimentpetrographische Untersuchungen zur Gliederung paläozoischer und mesozoischer Sedimente aus der zentralen Sahara. 96 S., 1980. DM 26,—
- Band 22 / Pedro Fernando Ramirez Castro:** Qualitative und quantitative petrographische Untersuchungen der Kohlen aus den flözführenden Schichten der Antioquia-Formation/Kolumbien. 110 S., 1980. DM 35,—

VERLAG VON DIETRICH REIMER IN BERLIN

Berlin 45, Unter den Eichen 57