

GEOLOGICA **BAVARICA**

Herausgegeben
vom

BAYER. GEOLOGISCHEN LANDESAMT

Nr. 46

**Stratigraphie, Fazies und Kleintektonik
der kohleführenden Schichten in der bayerischen
Faltenmolasse**

(Peißenberg, Peiting, Penzberg, Hausham, Marienstein)

von

Günter Lensch

Mit 19 Abbildungen, 4 Tabellen und 6 Beilagen

**Sporenstratigraphische Untersuchungen in der
Gefalteten Molasse der Murnauer Mulde (Oberbayern)**

von

Monika Wolf

Mit 5 Abbildungen, 8 Tafeln und 3 Beilagen

Schichtlagerung und Talverlauf bei Freising

von

Karl Brunnacker

Mit 1 Abbildung und 1 Beilage

M Ü N C H E N 1 9 6 1

An die Verfasser von Aufsätzen und Mitteilungen

Die der Schriftleitung der „Geologica Bavarica“ eingereichten *Manuskripte sollen satzfertig sein*, d. h. den „Anweisungen für die Verfasser naturwissenschaftlicher Arbeiten (Die Bonner Anweisungen)“ entsprechen. Demnach sind Satzänderungen entgegen der Niederschrift, soweit sie 10 % der Satzkosten überschreiten, vom Verfasser zu bezahlen. Im einzelnen ist folgendes zu beachten:

Aufbau

Titel: kurz und bezeichnend.

Name des Verfassers: in der Überschrift mit ausgeschriebenem Vornamen.

Gliederung: klar und übersichtlich; bei längeren Arbeiten Inhaltsverzeichnis.

Zusammenfassung: bei größeren Arbeiten erforderlich.

Außere Form

Text: in Maschinschrift, einseitig, 1 $\frac{1}{2}$ -zeilig, handgeschriebene Verbesserungen in Druckschrift. Unterscheiden zwischen Bindestrich (- kurz) und Gedankenstrich (— lang), zwischen ss und ß (Masse und Maße).

Angabe der Schriftart: Molasse wird Molasse (fett, für Überschriften); Hauptverwerfung wird Hauptverwerfung (gesperrt, für wichtige Angaben); Müller, K. wird MÜLLER, K. (Kapitalchen, für Autorennamen); Ceratites wird Ceratites (Kursiv, für Fossilnamen mit lateinischer Endung); § senkrechte Schlangenlinie am Rand für Kleindruck (Petit, bei Tabellen, Schichtenverzeichnissen von Bohrungen, Synonyma, Zitate, Textabschnitten von untergeordneter Bedeutung u. a.).

Fußnoten (Petit): fortlaufend beziffern, nachträgliche alphabetisch zwischenschalten, z. B. 6a).

Literaturzitate: durch Nennung des Verfassers, des Erscheinungsjahres und evtl. der betr. Seite; bei mehreren Arbeiten eines Verfassers im gleichen Jahr a, b, usw. hinzufügen (z. B. 1953 b). Bei mehreren Autoren einer Arbeit Namen in alphabetischer Folge und durch „&“ verbinden.

Schrifttumsverzeichnis: am Schluß der Arbeit und alphabetisch geordnet. Beispiele für Literaturangaben

a) bei Zeitschriften:

LEUCHS, K.: Tektonische Untersuchungen im Wettersteingebirge. — Z. deutsch. geol. Ges., 87, S. 703—719, 3 Abb., Berlin 1935.

b) bei Büchern:

RINNE, F.: Gesteinskunde, 12. Aufl., 428 S., 589 Abb., Leipzig (Max Jännecke) 1940.

Bebilderung

Bilder im Text sind „Abbildungen“, auf Tafeln stehen „Figuren“ oder „Bilder“ (bei Photographien).

Auf jeder Vorlage notwendig: Name und Anschrift des Verfassers, Nummer der Abbildung bzw. Tafel, gewünschte Verkleinerung (Satzspiegelgröße berücksichtigen!), Hinweis für „oben“ bzw. „unten“.

Alle Vorlagen *druckfertig* einreichen und zwar im Original. Vorlagen gegebenenfalls größer als ihre endgültige Wiedergabe zeichnen; nach Möglichkeit für einfarbigen Druck. Maßstab und Himmelsrichtung nicht vergessen. Beschriftung in magerer Blockschrift, keine Kunstschrift. Photos hochglänzend, weiß. Jede Vorlage mit kurzem erläuternden Text (Petit) versehen (z. B.: Abb. 11. Querprofil der . . .), der im Manuskript dort stehen muß, wo die Vorlage eingefügt werden soll. Bei reichlichem Bildmaterial frühzeitig mit der Schriftleitung in Verbindung treten.

Alle Druckangelegenheiten sind mit der Schriftleitung zu erledigen, *in keinem Fall unmittelbar mit der Druckerei.*

Sonderdrucke werden in unveränderter Form gedruckt, nur mit Zitarleiste versehen.

Der Verfasser erhält 50 Exemplare seiner Arbeit kostenfrei. Bei zwei und mehr Verfassern einer Arbeit erhöht sich die Gesamtzahl der Freixemplare auf 75.

GEOLOGICA **BAVARICA**

Herausgegeben
vom
BAYER. GEOLOGISCHEN LANDESAMT

Nr. 46

**Stratigraphie, Fazies und Kleintektonik
der kohleführenden Schichten in der bayerischen
Faltenmolasse
(Peißenberg, Peiting, Penzberg, Hausham, Marienstein)**

von

Günter Lensch

Mit 19 Abbildungen, 4 Tabellen und 6 Beilagen

**Sporenstratigraphische Untersuchungen in der
Gefalteten Molasse der Murnauer Mulde (Oberbayern)**

von

Monika Wolf

Mit 5 Abbildungen, 8 Tafeln und 3 Beilagen

Schichtlagerung und Talverlauf bei Freising

von

Karl Brunnacker

Mit 1 Abbildung und 1 Beilage

M Ü N C H E N 1 9 6 1

Stratigraphie, Fazies und Kleintektonik der kohleführenden Schichten in der bayerischen Faltenmolasse (Peißenberg, Peiting, Penzberg, Hausham, Marienstein)

VON GÜNTER LENSCH

Mit 19 Abbildungen, 4 Tabellen und 6 Beilagen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	4
A. Einleitung und Überblick	5
B. Stratigraphie und Fazies in den Kohlenrevieren der subalpinen Molasse in Bayern	6
I. Sedimentation und Flözbildung in der Unteren Süßwassermolasse	6
1. Sedimentation	6
2. Flözbildung	8
3. Zur Frage von Sedimentations-Rhythmen und -Zyklen	11
II. Stratigraphie und Faziesentwicklung der Unteren Süßwassermolasse in der Peißenberg-Rottenbucher und der Nonnenwald-Penzberger Mulde	13
1. Allgemeine Verhältnisse	13
2. Baustein-Schichten und Übergangzone	14
3. Untere Bunte Molasse	16
4. Produktive Cyrenen-Schichten und sogenannte Glassande	16
5. Promberger Schichten und höhere Cyrenen-Schichten bis zur Basis der Oberen Bunten Molasse	18
6. Faziesentwicklung und stratigraphische Identifizierung der brackisch-marinen Schichten zwischen der Unteren und der Oberen Bunten Molasse in der Peißenberger und in der Nonnenwald-Mulde	19
7. Obere Bunte Molasse und Miozän-Flöz-Horizont	24
8. Altersvergleich der Peißenberger und der Nonnenwald-Penzberger Flöze	24
III. Stratigraphie und Faziesentwicklung der Unteren Süßwassermolasse in der Haushamer und Mariensteiner Mulde	25
1. Allgemeine Verhältnisse	25
2. Baustein-Schichten und Übergangzone	26
3. Cyrenen-Schichten und Untere Bunte Molasse	26
4. Altersvergleich der Haushamer und der Mariensteiner Flöze	27
IV. Bergbaulich nicht mehr aufgeschlossene Bereiche des Reviers: Penzberger Mulde, Miesbacher und Auer Mulde	27
V. Schichten- und Flözvergleich im Oberbayerischen Pechkohlenrevier	28
C. Kleintektonische Untersuchungen	30
I. Tektonischer Überblick	30
II. Kleintektonik in der Peißenberger Überschiebung	33

	Seite
III. Kleintektonik in den Flözen	35
1. Deformationen und Massenverlagerungen im Gefolge von schichtparallelen Bewegungen	35
2. Kluft- (Schlechten-) Tektonik	40
3. Die Kleintektonik in den Flözen der Faltenmolasse und ihre Beziehung zur Großtektonik	48
D. Ergebnis	49
E. Schrifttum	51

Vorwort

Die Geologie der gefalteten Molasse des bayerischen Alpenvorlandes, in deren älterem Teil die Pechkohlenflöze des oberbayerischen Kohlenreviers liegen, war schon wiederholt Gegenstand eingehender Einzelstudien und zusammenfassender Darstellungen. Gerade in den letzten Jahren entstanden wichtige Beiträge zur Geologie der Faltenmolasse und damit zur Geologie ihrer Lagerstätten. Unter anderen gaben GANSS & SCHMIDT-THOMÉ (1955) eine übersichtliche Gesamtdarstellung des derzeitigen Standes unserer Kenntnisse, HAGN (1952, 1955), HÖLZL (1953, 1955, 1957) und ZÖBELEIN (1952, 1953, 1957) erarbeiteten neue Erkenntnisse zur Stratigraphie und Paläontologie, GILLITZER (1955, 1957) setzte sich speziell mit den für den Pechkohlenbergbau wichtigen Fragen auseinander.

Im Rahmen geologisch-lagerstättenkundlicher Untersuchungen P. SCHMIDT-THOMÉs habe ich die bergbaulich aufgeschlossenen Teile der Faltenmolasse bearbeitet. Meine Untersuchungen galten der Faziesentwicklung und ihrer Verknüpfung mit der Flözbildung, der Feinstratigraphie innerhalb der flözführenden Schichten und der Kleintektonik. Die Arbeit wurde 1960 unter dem Titel „Geologische Untersuchungen in der kohleführenden Faltenmolasse Oberbayerns“ an der Technischen Hochschule München als Dissertation angenommen.

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. P. SCHMIDT-THOMÉ, gebührt mein aufrichtiger Dank für die Anregung zu diesen Untersuchungen und für die ständige Förderung bei ihrer Durchführung. Ebenso danke ich den Direktionen und Markscheidereien der Gruben Peißenberg, Peiting, Penzberg, Hausham und Marienstein, sowie den Generaldirektionen der BAYERISCHEN BERG-, HÜTTEN- UND SALZWERKE AG und der OBERBAYERISCHEN AG FÜR KOHLENBERGBAU für ihre großzügige und bereitwillige Unterstützung bei der Durchführung meiner Arbeit. Die BAYERISCHE BERG-, HÜTTEN- UND SALZWERKE AG hat darüberhinaus durch einen namhaften Druckkostenzuschuß die Wiedergabe der Beilagen ermöglicht.

A. Einleitung und Überblick

Die oligozän-miozäne Molasse des bayerischen Alpenvorlandes ist charakterisiert durch mächtige, einförmige Sedimentserien und durch häufige seitliche Faziesübergänge. Beide Eigenschaften setzen detaillierten stratigraphischen Gliederungsversuchen erhebliche Widerstände entgegen. Nach den großen Faziesbereichen in der vertikalen Aufeinanderfolge unterscheidet man üblicherweise vier Einheiten, welche auch stratigraphisch verwendet werden:

Obere Süßwassermolasse	(Torton und jünger)
Obere Meeresmolasse	(Burdigal—Helvet)
Untere Süßwassermolasse	(Chatt—Aquitain)
Untere Meeresmolasse	(Lattorf—Rupel—Chatt z. T.)

Diese faziell-stratigraphische Gliederung der Molasseriesen entspricht nur westlich des Lechs den tatsächlichen Verhältnissen. Nach Osten vollzieht sich ein Übergang zu vorwiegend marinen Verhältnissen. Im bayerisch-österreichischen Grenzgebiet in der Gegend der Salzach herrscht vom Rupel bis zum Helvet einheitlich marine Fazies.

In dem schmalen Streifen der gefalteten Molasse, nördlich des eigentlichen orographischen Alpenrandes, sind nur Schichtglieder der Unteren Meeresmolasse und der Unteren Süßwassermolasse erhalten. Die Obere Meeresmolasse tritt am Nordrand der Faltenmolasse zutage und bildet dort zusammen mit Teilen der Oberen Süßwassermolasse den steil aufgerichteten Südrand der ungefalteten Vorlandsmolasse. Diese schließlich ist das Verbreitungsgebiet der vorwiegend mergeligen und sandigen Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse.

Im mittleren Oberbayern, etwa zwischen den Flüssen Lech im Westen und Inn im Osten, ruft der Fazies-Übergang eine lebhafte Verzahnung limnisch-fluviatiler, brackischer und mariner Faziesbereiche innerhalb der stratigraphischen Einheit „Untere Süßwassermolasse“ hervor. Nur hier haben sich, an die brackische Gesteinsfazies geknüpft, bauwürdige limnische Pechkohlenflöze entwickelt. Der Bereich der Faltenmolasse zwischen Lech und Inn ist daher auch das Gebiet des oberbayerischen Pechkohlenbergbaus.

Für die Gliederung dieses Teils der Unteren Süßwassermolasse mögen die Verhältnisse in der Peißenberger Mulde, dargestellt auf Tabelle 1, als Beispiel dienen.

Diese Gliederung entspricht etwa der Schichtfolge im Mittelfeld des Pechkohlenreviers von Peißenberg/Peiting. Bereits im Westfeld und im Ostfeld haben sich die Verhältnisse erheblich geändert. In den weiter östlich gelegenen Revieren von Penzberg, Hausham und Marienstein ist das auf Tabelle 1 wiedergegebene Schema zum Teil nicht mehr anwendbar. In den folgenden Abschnitten werden die faziellen Verhältnisse in den Grubenrevieren im einzelnen dargestellt und die Zusammenhänge zu deuten versucht. Aus dieser Deutung ergeben sich Hinweise für die stratigraphische Gleichsetzung der verschiedenen petrographisch-faziellen Einheiten und damit ein Schichten- und Flözvergleich für das oberbayerische Pechkohlenrevier. Daneben wird an Kluftdiagrammen und an Beobachtungen in den Flözen der Ablauf der Faltungsvorgänge in der Molasse zu klären versucht.

Tabelle 1

Stratigraphie der Unteren Süßwassermolasse in der Peißenberger Mulde

Hangendes: Obere Meeressmolasse (Burdigal und Helvet): 300 bis 400 m glaukonit-führende sandige Mergel und Sandsteine

2800 bis 3000 m Untere Süßwassermolasse (Chatt—Aquitain)	25 m graue Cyrenen-Mergel mit einem 10 cm mächtigen Flöz (sogenanntes Miozän-Flöz)
	800 bis 1200 m Obere Bunte Molasse: limnisch-terrestrische, gelbgefleckte tonige Mergel, einzelne Sandsteinlagen
	200 m Höhere Cyrenen-Schichten und Übergangsschichten: brackische, graue Cyrenen-Mergel und Sandsteine mit zwei Flözhorizonten, Unterbauhorizont und Becherstollenhorizont
	80 bis 120 m Oberer Sand: grauer, teils mariner Sandstein mit Flöz 1
	60 bis 80 m Zwischen-Cyrenenschichten: graue, brackische Mergel und Sandmergel mit Flöz 2 bis 4
	30 bis 40 m Unterer Sand: grauer, teils mariner Sandstein
	350 bis 400 m Produktive Cyrenen-Schichten: graue, brackische Mergel und Sandmergel mit Flöz 5 bis 26
	1200 bis 1400 m Untere Bunte Molasse: limnisch-terrestrische, rotgefleckte Mergel und Sandmergel, Konglomerate und einzelne feinkörnige Sandsteine
	15 bis 25 m graue Mergel mit einem 20 bis 30 cm mächtigen Flöz = „Echelsbacher Flöz“

Liegendes: Untere Meeressmolasse (Rupel und unteres Chatt): ungefähr 1600 m marine Tonmergel und Sandsteine

B. Stratigraphie und Fazies in den Kohlenrevieren der subalpinen Molasse in Bayern

I. Sedimentation und Flözbildung in der Unteren Süßwassermolasse

1. Sedimentation

Die Gesteine der Unteren Süßwassermolasse entstanden unter Ablagerungsbedingungen, die für kohleführende Sedimente in Randtrögen soeben in Faltung begriffener und aufsteigender Gebirge charakteristisch sind. Absenkung des Molassetroges und Auffüllung mit Abtragungsschutt erfolgten während langer Zeiträume, aber in sich un stetig. Die häufigen Stillstände in der Senkungsbewegung führten zur Bildung von ausgedehnten Mooren und Torflagern. Während der Senkungszeiten bildeten sich marin beeinflusste Ablagerungen. Die Flözbildung war dabei hier aus nicht völlig geklärter Ursache ausschließlich an eine brackische Nebengesteinsfazies geknüpft. Deswegen lassen sich in den weit mächtigeren terrestrisch-fluviatilen Ablagerungen der Unteren Süßwassermolasse und auch in den marinen Sedimenten des Ostteils der Faltenmolasse die Senkungsstillstände nicht nachweisen. Es besteht aber kein Grund, für die Molasse im ganzen eine stetige Senkung und Sedimentation anzunehmen und lediglich die Zeiten der Flözbildung als Perioden un stetiger Sedimentation zu betrachten. Den flözführenden Sedimenten entsprechen ja auch außerhalb des kohlenführenden Bereichs gleichalte, terrestrische oder marine Schichten ohne diese Stillstandsmarken.

Die mehrere tausend Meter mächtige Schichtfolge der Unteren Süßwassermolasse besteht vorwiegend aus Mergeln, Kalkmergeln und Sandmergeln, daneben aus Kalksandsteinen und Konglomeraten. Innerhalb der flözführenden, brackischen Cyrenenmergelerde des Peißenberger Reviers ist die marine Fazies vorwiegend an eine sandige Gesteinsausbildung geknüpft (LENSCH 1958). Dieser Zusammenhang hat jedoch keine allgemeine Geltung. Die grobkörnigen Sedimente, namentlich die Konglomerate, sind vor allem an die terrestrisch-fluviatile Fazies der „Bunten Molasse“ gebunden.

Im engeren Bereich der flözführenden Cyrenen-Schichten war die Sedimentation ziemlich einförmig. Man findet sehr feinkörnige Mergel und Kalkmergel, daneben Sandmergel und untergeordnet kalkige, feinkörnige Sandsteine. Mergel und Kalkmergel zeigen öfter eine feine Bänderung, ein Hinweis auf ruhige Wasser- und Sedimentationsverhältnisse. Während der Senkungsperioden bedeckte wohl seichtes, wenig bewegtes Wasser das Sediment; möglicherweise herrschten über weite Flächen wattenähnliche Verhältnisse. In seltenen Fällen, z. B. im Penzberger Flözbereich, wurden die Torfablagerungen durch Priele wieder erodiert und die Rinnen mit fossilreichen Brackwasserabsätzen gefüllt. Ein Beispiel für einen solchen Priel in Flöz 26 der Nonnenwald-Mulde ist auf Abb. 1, S. 10, dargestellt.

Der Salzgehalt des Wassers schwankte innerhalb des süßen bis brackischen Bereiches, vermutlich je nach der Lage zur Mündung der Flüsse und nach deren Wasserführung. Die dauernd veränderten Lebensbedingungen bildeten sich in der Verteilung der Fossilien ab: Lagen reichster Anhäufung von *Polymesoda*, *Tympanotomus* und anderen Brackwasserbewohnern wechseln mit fossilereichen Schichten ab; auf Horizonten mit Foraminiferen, vor allem der Gattungen *Streblus*, *Miliola* und *Nonion* folgen solche mit reicher, aber ausschließlicher Characeen- oder Ostracodenführung. Oogonien zahlreicher Characeenarten sind fast überall verbreitet; sie bilden ebenso ein Charakterfossil dieser Schichten wie die „Cyrenen“.

Dieses offenbar wattenähnliche Gebiet mit geringer, eventuell nur periodischer Wasserbedeckung hatte eine beträchtliche Ausdehnung. Das Westende liegt etwa am Lech, das Ostende östlich des Inn. Festland war im Süden und Westen, im Osten stand das Meer. Über die Verhältnisse im Norden sind noch keine Einzelheiten bekannt. Insgesamt stand dieser Sedimentationsraum, besonders wegen der so häufig wiederholten Aussüßungen, Verlandungen und Moorbildungen, dem Festland näher als dem Meer.

Die Faziesgebiete änderten sich in diesem Raum schnell und oft. Die Verlagerung der festländischen Fazies der Bunten Molasse ist dabei am wichtigsten und heute am leichtesten zu verfolgen. Ihre Grenze trennte zugleich den Bereich vorwiegend terrestrisch-fluviatiler Sedimentation vom Bereich des Brackwassers, das Gebiet vorwiegend oxydierender von demjenigen reduzierender Bedingungen (daher die bunte Färbung des Gesteins der Bunten Molasse) — und damit den sterilen vom kohleführenden produktiven Raum. Paläogeographisch lag zur Zeit des Senkungsstillstandes im Westen und Süden erhöhtes Gebiet mit tiefliegendem Grundwasserspiegel. Der Luftsauerstoff konnte ungehindert die abgestorbene Vegetation oxydieren; von den gleichzeitig entstandenen Flözen sind deshalb hier keine Spuren oder höchstens lettige Kohlenstreifen mit einigen Land-

schnecken erhalten. Im Norden und Osten davon folgte ein weites, vornehmlich in Ost-West-Richtung ausgedehntes, versumpftes Süßwassergebiet mit hohem Grundwasserspiegel, so daß alle abgestorbene Pflanzensubstanz unter Luftabschluß geraten und erhalten bleiben konnte. Weiter nach Osten schließlich hörte die Moorbildung an der Grenze des dauernden Meereseinflusses auf.

In den Zeiten fehlender Moorbildung blieben die Verhältnisse im Ablagerungsgebiet der Bunten Molasse offenbar unverändert. Das Gebiet der Flözbildung dagegen war von einem weiten, wattenähnlichen Meer bedeckt. Noch unbeantwortet bleibt die Frage nach dem Verlauf der Flüsse, die ja auch in den Zeiten der Vermoorung dieses Gebiet auf ihrem Wege zum Meer durchquert haben müssen.

2. Flözbildung

Hierzu Beilage 2 und 3

Die Flöze der Molasse-Kohle entstanden im Bereich von verlandenden, ausgesüßten, flachen Gewässern. Die brackische Fazies hielt bis zum Beginn der Flözbildung an. Danach bewirkte offensichtlich ein Stillstand der Senkung den Rückgang des Meeres, ein allmähliches Trockenfallen des Gebietes und ein Ausfüßen der zurückbleibenden Lagunen. Stellenweise kam es in diesem Stadium zu einer letzten starken Entfaltung der brackischen Fauna; dabei bildeten sich Lumachellen aus Cyrenenschalen im Flözliegenden, die sehr bezeichnend sind. Nach der endgültigen Aussüßung setzte die Flözbildung ein. Oft beginnt die reine Kohle direkt über dem grauen Cyrenenmergel, sie kann auch ebenso vom brackischen Mergel direkt überlagert werden. Gänge von Bohrmuscheln (*Teredo*) aus dem hangenden brackischen Mergel reichen oft in das Dach des Flözes herein. An der Grenze zwischen Kohle und Gestein tritt häufig eine Lage von *Planorbis*-Schalen auf. Planorben finden sich auch an allen Stellen innerhalb des Flözes und beweisen die ununterbrochene Anwesenheit von Süßwasser während der Flözbildung.

Oft wurde die Flözbildung mit einem dünnen Kohlenband eingeleitet, dann bildete sich jedoch im Süßwasserbereich zunächst eine gelegentlich recht mächtige „Seekreide“, die heute als sogenannter Stinkstein erhalten ist (Beispiel auf Beilage 2, Flöz 10/11). Die Gründe, welche mich zur Deutung des Stinksteins als fossile Seekreide veranlassen, sind vor allem Analogien zu postglazialen Mooren Oberbayerns (LENSCH 1956, 1958). Mikroskopische Untersuchungen gaben bisher keine Hinweise auf die Entstehungsbedingungen des Stinksteins. Seltener begann die Seekreidebildung ohne Kohlenlage direkt über dem Cyrenenmergel. In diesen Fällen herrschte zu Beginn der Flözbildung noch tieferes Süßwasser, so daß zunächst die organische und anorganische Kalkausscheidung überwog. Erst als die Wassertiefe genügend abgenommen hatte, begann die eigentliche Torfbildung. Gelegentliches Auftreten offener Wasserflächen in den Mooren führte wiederum zu Kalkausscheidungen; sie finden sich heute als mehr oder weniger scharf begrenzte Stinksteinlagen innerhalb der Kohle. Gegen das Hangende der Flöze tritt meist erneut Stinkstein auf, als geschlossene Lage das Flöz abschließend oder in wechselnden Lagen mit Kohle verwachsen als sogenannte „Stinksteinkohle“ (vgl. Beilage 2). Dieses Auftreten von Stinkstein im Flözhangenden ist das erste Anzeichen der erneut beginnenden

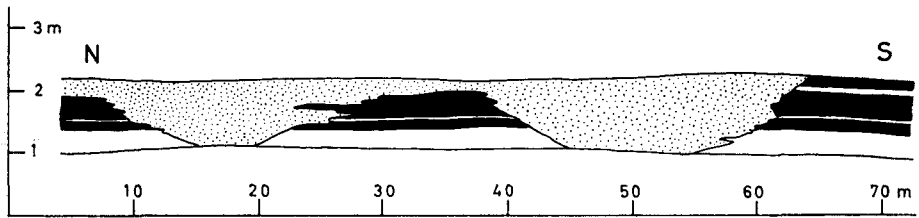
Absenkung oder Überflutung. Über dem Stinkstein, der Stinksteinkohle oder dem reinen Flöz setzen sofort wieder Cyrenenmergel ein. Oft beginnen sie zunächst mit einer ca. 30 cm mächtigen Schicht großer Schalen von *Tympanotomus margaritaceus* oder seltener *Mytilus aquitanicus*, dann erst tritt *Poly-mesoda* (*Cyrena*) zusammen mit Foraminiferen auf.

Die Mergellagen zwischen den Kohlenbänken der einzelnen Flöze oder die Bergemittel innerhalb der Flöze führen manchmal Süßwassermuscheln und Süßwasser- und Landschnecken wie *Planorbis*, *Helix*, *Margaritifera*, sowie kohlige Pflanzenreste. Sie haben in diesem Falle limnisch-fluviatile Fazies und sind vermutlich als Sedimente schlammbelegter Flüsse entstanden, zum Teil vielleicht bei katastrophalen Unwettern und Überschwemmungen. Aufgrund von Bestimmungen des Bor-Gehaltes in solchen Bergemitteln, die durch Herrn Dr. WERNER, Krefeld, im chemischen Laboratorium des Geologischen Landesamtes Nordrhein-Westfalen ausgeführt wurden, zeigt es sich aber, daß selbst geringmächtige Bergemittel in vielen Fällen von brackischer Fazies sind.

Ausgehend von den Ergebnissen LANDERGRENS (1945) haben ERNST & WERNER (1960) die Bor-Gehalte von tonigen Sedimenten des Ruhrkarbons, daneben auch von jüngeren und älteren Formationen untersucht. Vom Kambrium bis in die jüngste Zeit hat sich dabei ein gleichbleibender Zusammenhang zwischen dem Bor-Gehalt der Sedimente und dem Salzgehalt des Wassers des Ablagerungsgebiets feststellen lassen. Die Faziesbereiche sind durch folgende Bor-Gehalte charakterisiert. Marine Fazies über 0,035 % B_2O_3 , Brackische Fazies 0,025—0,035 % B_2O_3 , Limnische Fazies unter 0,025 % B_2O_3 . Zur serienmäßigen Bestimmung diente ein von WERNER (1959) angegebenes Verfahren.

Man könnte die Fazies dieser Mergel benutzen zur Entscheidung, ob man zwei Kohlenbänke, welche durch eine nicht sehr mächtige Bergelage getrennt sind, als zwei verschiedene Flöze oder als Ober- und Unterbank des gleichen Flözes betrachten will (vgl. die Beispiele auf Beilage 2). Ist der Mergel brackisch, so handelt es sich um zwei getrennte Flözbildungen; ist er limnisch-fluviatil, so ist er nur eine Einschwemmung in einer sonst ununterbrochenen Flözbildungsperiode. Im Ganzen gesehen scheint sich die Süßwasser-Fazies jedoch fast ausschließlich auf Kohle und Stinkstein zu beschränken. Eindeutig limnisch-fluviatile Bergemittel sind selten, das Nebengestein ist immer brackisch.

Im Liegenden der Pechkohle sind bisher nirgends Stubbenhorizonte bekannt geworden. Es entstanden auch keine ausgeprägten Wurzelböden. Die Flöze bildeten sich offenbar aus verlandenden Gewässern, wobei naturgemäß tiefer wurzelnde Gewächse zunächst fehlten. Es ist wohl nicht zutreffend, daß Stubben zwar ursprünglich vorhanden waren, infolge tektonischer Vorgänge aber heute nicht mehr als solche zu erkennen sind, wie STACH (1926, S. 291) meint. Abgesehen von der Arbeit STACHS (1926) ist der Flözaufbau im einzelnen noch wenig untersucht worden. Es muß einer eingehenden mikroskopischen Analyse vorbehalten bleiben, die Umweltbedingungen zu klären, unter denen die Pechkohlenflöze entstanden sind. In manchen Fällen kann man eine Art Wurzelboden an der äußeren Beschaffenheit des Gesteins erkennen, besonders, wenn es schon einige Zeit den Grubenwettern ausgesetzt war. Das Gestein ist tonig, verwittert leicht mit bräunlichen Farben und bricht unregelmäßig und kleinstückig. In seltenen Fällen sieht man in ihm kohlige, verzweigte Spuren, die aus ehemaligen Wurzeln entstanden sein können. So wenig sich solche „Wurzelböden“ im Hangenden eines Flözes finden, so wenig treten die Lagen mit *Tympanotomus*



Grube Penzberg, Flöz 26, Streb Nord 1 nach Osten

Abb. 1. Erosionsrinnen (Priele) in einem Flöz der Nonnenwald-Mulde.

oder *Mytilus* unmittelbar im Liegenden auf. Dadurch kann es im Zweifelsfalle möglich sein, ein Oben und Unten zu unterscheiden.

Die Bildung der Kohlenmoore in der Molassevertiefe ist im ganzen unregelmäßiger und begrenzter gewesen als in der subvaristischen Karbonvertiefe. Die Flöze wechseln rasch in ihrer Mächtigkeit und Reinheit und vertauben schnell. In der Regel ist ein Flöz nicht im gesamten Bereich eines Grubenfeldes bauwürdig. Die Vertaubung erfolgt teils durch eine Zunahme der Bergemittel und Stinksteinlagen, teils durch einfache Verringerung der Kohlenmächtigkeit. Dabei lassen sich oft paläogeographische Ursachen erkennen: Größere Meeresnähe und das dadurch verursachte häufigere Auftreten von offenen Wasserflächen, Flußläufen und Priele hatte schlechtere Wachstumsbedingungen für die Moorvegetation zur Folge. Vermutlich sind so die zahlreichen primären Vertaubungen entstanden, die durch ihr unregelmäßiges Auftreten den Bergbau im Bereich der Nonnenwald-Mulde erschweren. In manchen Fällen bildeten sich Vertaubungen durch direkte Erosion des Flözes durch Priele bei dem wattenähnlichen Stadium, welches die Torfbildung beendete (siehe Abb. 1). Auch der generell höhere Aschegehalt der Penzberger Flöze kann auf diese ungünstigeren Bildungs- und Ablagerungsbedingungen zurückgeführt werden.

Eine weitere Abhängigkeit der Flözbildung von der paläogeographischen Lage und gleichzeitig ein Beweis für die paläogeographische Anlage der heutigen Muldenachsen zeigt sich im Verhalten des Flözes 10/11 der Grube Peißenberg. Wie auf Beilage 3 dargestellt ist, nimmt die Flözöffnung von Nord nach Süd gegen das Muldentiefste hin zu, wobei das Flöz stetig unreiner wird. Es schalten sich mehr und immer mächtigere Stinksteinlagen zwischen die Kohle ein; diese selbst zeigt ebenfalls einen zunehmenden Aschegehalt. Die Erklärung für dieses Verhalten sehe ich darin, daß das heutige Muldentiefste bereits zur Zeit der Flözbildung als Depression angelegt war. Dadurch traten dort bevorzugt und häufig offene Wasserflächen auf, in denen sich Kalk ausscheiden konnte, während auf den (Sattel-) Flanken die Torfbildung ungestört weiterging. Auch nach dem Aufhören der Kalkfällung wurde in diesen Depressionen am leichtesten tonige Trübe zusammengeschwemmt und so auch in der reinen Kohle der Aschegehalt erhöht.

3. Zur Frage von Sedimentations-Rhythmen und -Zyklen

Zyklische Sedimente sind charakteristisch für Ablagerungen in Innen- und Außensenken von Gebirgen (sogenannte Molassen) und in Schelfgebieten. Unter einem Zyklus versteht man dabei die regelmäßig wiederholte Aufeinanderfolge mehrerer Gesteinsarten, welche zugleich verschiedene „Phasen“ der Sedimentation abbilden. Die geschlossene Folge in einer zyklischen Wiederholung von verschiedenartigen Sedimenten wird auch als „Zyklothem“ bezeichnet. Als Ursache zyklischer Sedimentation betrachtet man im allgemeinen tektonische Vorgänge. Den zyklischen stehen die rhythmischen Sedimente gegenüber; sie zeigen einen regelmäßigen Wechsel von zwei Sedimentarten und damit von zwei „Phasen“ und sind nach BUBNOFF (1947) im allgemeinen klimatisch bedingt.

In vielen Randtrögen großer Geosynklinalen, z. B. in dem Kohlenbecken des Ruhrkarbons, aber auch in tertiären Randtrögen, haben sich Groß- und Kleinzyklen in oft endloser Wiederholung in der Sedimentfolge abgebildet. In der varistischen Außensenke, dem rheinisch-westfälischen Karbontrog, ist diese zyklische Sedimentation gut ausgeprägt und eingehend von JESSEN (1956, dort weitere Literatur) studiert worden.

Tabelle 2

Voll-Zyklothem des Ruhrkarbons, schematisch, nach JESSEN

	Zyklothemgrenze	-----	Hochpunkt	Schieferton mit Wurzelboden
↑ Zyklothem ↓	regressiver Hemizyklus	↑	Rezession	Ende
				Beginn
	progressiver Hemizyklus	↓	Tiefpunkt	Ende
			Progression	Beginn
	Zyklothemgrenze	-----	Hochpunkt	Schieferton mit Wurzelboden
				Sandstein
				brackischer Schieferton
				mariner Schieferton
				mariner Schieferton
				brackischer Schieferton
				Kohlenflöz
				Schieferton mit Wurzelboden
				Sandstein

Das Zyklothem wird dort verstanden als ein sich dauernd wiederholendes Spiel von extratellurisch verursachten Transgressionen und Regressionen des Meeres, begleitet von einem stetigen, geosynklinalen Sinken des Sedimentationsraumes. Den verschiedenen Phasen dieses rhythmischen Wechsels sind bestimmte Sedimentarten zugeordnet (vgl. das Schema auf Tabelle 2). Aus verschiedenen Ursachen kann die Reihenfolge dieser Sedimente unvollständig oder abweichend ausgebildet sein, die Progression (= Transgression) und Rezession (= Regression) kann ihren Höhepunkt erreicht haben oder auch vorher schon in den gegenläufigen Hemizyklus umgeschlagen sein. Immer gleich ist dagegen der rhythmische Wechsel von Steigen und Fallen des Meeresspiegels. Die „genetisch richtige Grenze (des Zyklothems) liegt ... dort, wo die vorherige rezessiv-hemizyklische Sedimentbelieferung aufhört ...“ (JESSEN 1956, S. 3). Mit anderen Worten: In dem Augenblick, in welchem in einem vollständigen Zyklothem die Sedimentation aufhört und der Pflanzenwuchs beginnt, beginnt auch ein neues Zyklothem. Die summarische Mächtigkeit der Zyklotheme im Ruhrgebiet be-

trägt 18 m. (Das Schema eines vollständigen Zyklus auf Tabelle 2 verdanke ich einer brieflichen Mitteilung von JESSEN und MICHELAU vom 29. 4. 1959.)

In der tertiären Faltenmolasse Oberbayerns fällt es zunächst schwer, überhaupt die Existenz zyklischer Sedimentation wahrzunehmen. Der weitaus größere Teil der Sedimente ist scheinbar azyklisch abgelagert. Zeichen für unstetige Absenkung des Troges oder rhythmische Meeresspiegelschwankungen und damit Zeichen für eine unstetige Sedimentation erkennt man nur in den flözführenden Teilen der Molasse, wo jede Kohlenlage einen Senkungsstillstand oder, bei der Annahme von rhythmischen Meeresspiegelschwankungen, einen festländischen „Hochpunkt“ markieren muß. In der Gesteinsfolge der produktiven Cyrenen-Schichten selbst konnte ich bisher keine Zyklen erkennen und kam deshalb 1958 zu dem Schluß, es handle sich um „ein Gebiet mit unstetiger Senkungstendenz ohne erkennbare Sedimentationszyklen“. Vielleicht wird es bei Anwendung anderer Untersuchungsmethoden einmal möglich sein, auch in der Gesteinsfolge Zyklen zu finden. Erste Hinweise auf das Vorhandensein solcher Sedimentationszyklen liegen aus dem Gebiet der Miesbacher Mulde bereits vor (STEPHAN 1960).

Während im Ruhrkarbon die Rhythmen in der Gesteinsfolge frühzeitig erkannt waren und lange vor ihrer theoretischen Ableitung im Sinne der Zyklusentheorie in der Praxis des Bergbaus zum Aufsuchen der Flöze verwendet worden sind, kann man in der Faltenmolasse umgekehrt verfahren. Ausgehend von der Vorstellung des Zyklus als unaufhörlichem Wechsel von Progression und Rezession kann man auch die Flözbildung in der Molasse zyklisch deuten. JESSEN und MICHELAU (briefl. Mitteilung vom 29. 4. 1959) haben, von dieser Vorstellung ausgehend, die Deutung eines Flözprofils aus der Molasse entworfen. Der Deutungsversuch ist auf Tabelle 3 unverändert wiedergegeben. Ihm liegt das Flözprofil aus Flöz 10/11 der Grube Peißenberg auf Beilage 2 zugrunde.

Diese Auffassung der Flözbildung und Sedimentation als Zyklus auch in der Molasse ist zweifellos zumindest formal richtig. Das Aufhören der Mergelablagerung und der Beginn der Kohle- und Stinksteinbildung ist das Ergebnis einer vorhergehenden „Rezession“. Ob man dabei die „Kohle als Verlandungsprodukt“ auffaßt, wie es meiner Auffassung entsprechen würde (linke Spalte), oder als „Glied inmitten der Phase allmählich ansteigenden Wasserspiegels wie im Ruhrkarbon“ (rechte Spalte) ist dabei zunächst von sekundärer Bedeutung. Die Untergliederung in 3 Zyklen erscheint mir allerdings für die Verhältnisse im Flöz 10/11 etwas zu weitgehend. Der Stinkstein im Hangenden entspricht der limnischen Phase der Progression, über ihm setzt dann rasch oder allmählich brackische Fazies ein. Während sich der „Hochpunkt“ des Zyklus eindeutig fixieren läßt (allerdings nur, wenn es zur Bildung eines Flözes gekommen ist), bleibt der „Tiefpunkt“ unsicher, wenigstens solange nicht durch paläontologische oder petrographische Feinarbeit die gleichförmigen grauen Mergel und Sandmergel zwischen den Flözen ebenfalls gegliedert und den Phasen des Zyklus zugeordnet werden können. Ich möchte annehmen, daß ein ausgesprochener Tiefpunkt nicht ausgebildet ist, es scheint vielmehr, daß die mehr oder weniger brackische Fazies mit unregelmäßigen Schwankungen während der ganzen Sedimentationsdauer anhält.

Abgesehen von den möglichen Unterschieden zu den Verhältnissen im Ruhrkarbon und den möglichen Einwänden gegen die Zyklthemtheorie bleibt die Tatsache bestehen, daß die Flöze eine bestimmte und während eines gewissen Zeitraums immer wiederkehrende Phase in der Sedimentation abbilden, die ganz bestimmten paläogeographischen Verhältnissen entspricht. Sie als Glied einer zyklischen Sedimentation anzusehen liegt nahe, zumal da bei der Anhäufung großer Torfmassen, also der Flözbildung, offenbar immer Rhythmen oder Zyklen, sogar innerhalb der Flöze selbst, auftreten.

Tabelle 3

Zyklothematisher Deutungsversuch des Flözprofils Flöz 10/11, 7 m 2, Strecke a⁰, Grube Peißenberg (Beilage 2) (JESSEN und MICHELAU 1959)

Zyklotheme unter der Annahme „Kohle als Verlandungsprodukt“	Gesteinsfolge	Zyklotheme unter der Annahme „Kohle als ein Glied inmitten der Phase allmählich ansteigenden Wasserspiegels (wie im Ruhrkarbon)“
rezessiv	brackischer Mergel mit Polymesoda	vielleicht schon rezessiv
progressiv	Fossilage (Tympanotomus) ? marin	„Tiefpunkt“ — Höchststand der Progression
Beginn der Progression	Stinkstein-Kohle	Beginn des progressiven „Ertrinkens“ des Moores
— ?? Zyklthemgrenze —		
Ende der Rezession	Pechkohle	progressive Moorbildung
Teilschwankung innerhalb der Rezession	limnischer Mergel	„Hochpunkt“ 1. Zyklthemgrenze oben rezessiv — „Tiefpunkt“ ← unten progressiv
rezessiv	Pechkohle	progressiv
rezessiv (Teilschwankung)	Stinkstein	„Hochpunkt“ 2. Zyklthemgrenze oben mit Kohlenschmitzen ... rezessiv (Kohle = erste progressive Vorläuferansätze) ← „Tiefpunkt“ unten (limnisch) ... progressiv
rezessiv	Pechkohle	progressiv
rezessiv	brackische Mergel mit Polymesoda	„Hochpunkt“ 3. Zyklthemgrenze oben rezessiv

II. Stratigraphie und Faziesentwicklung der Unteren Süßwassermolasse in der Peißenberg-Rottenbucher und der Nonnenwald-Penzberger Mulde

1. Allgemeine Verhältnisse

In der Peißenberger und Rottenbucher Mulde sowie in der Nonnenwald- und Penzberger Mulde sind alle Schichtglieder der Unteren Süßwassermolasse vom Echelsbacher Flözhorizont im Hangenden der Unteren Meeresmolasse bis zum sogenannten Miozänflöz-Horizont im Liegenden der Oberen Meeresmolasse erhalten und über oder unter Tage aufgeschlossen. In dem betrachteten Gebiet

zwischen Lech und Loisach vollzieht sich der Übergang von der festländischen Fazies im Westen zur brackischen und marinen Fazies im Osten vor allem im Bereich der Unteren Bunten Molasse, daneben auch im Bereich der Promberger Schichten. Für einen stratigraphischen Vergleich zwischen dem Penzberger und dem Peißenberger Grubenrevier ist vor allem die Beantwortung der Frage nach einem Äquivalent der Promberger Schichten in der Peißenberger Mulde wichtig. Dazu haben die jüngsten Bohrungen im Peißenberger Ostfeld neues Material geliefert. Trotzdem bleiben immer noch Unsicherheiten, da alle stratigraphisch verwendeten Einheiten im Grunde Fazieseinheiten mit fließenden Grenzen sind.

2. Baustein-Schichten und Übergangszone (Horizont der Echelsbacher und Schönmühl-Flöze)

Als Baustein-Schichten faßt man die plattigen, blaugrauen Sandsteine zusammen, welche den hangenden Teil der Unteren Meeresmolasse bilden. Ihre Begrenzung gegen das Liegende ist nicht scharf, auch gegen das Hangende verschiebt sich die Grenze etwas mit der regionalen Änderung der Fazies im tieferen Teil der Unteren Süßwassermolasse. Für die Betrachtung der Faziesentwicklung innerhalb des flözführenden Teils der Faltenmolasse ist die Abgrenzung der Bausteinschichten gegen das Hangende und damit die Einordnung der tiefsten Flözhorizonte wichtig.

KORSCHOLT (1890) bezeichnet bereits in seinen Untersuchungen in der östlichen Haushamer Mulde das Auftreten von Konglomeraten (sogenannte Bierhäusel- und Attenberger Konglomerate) als Hangendgrenze der Baustein-Schichten im engeren Sinne. Zwischen diesen und den Cyrenen-Schichten fügt er eine „Übergangszone“ ein. Im Gegensatz zu der einheitlichen Fazies der Baustein-Schichten engeren Sinnes vollzieht sich innerhalb der Übergangszone ein häufigerer Fazieswechsel.

Ihre Basis bildet das Bierhäusel-Konglomerat. Es kann als geschlossene Bank oder als Vielzahl von Konglomeratschnüren ausgebildet sein. Im Hangenden folgen Sandsteine von der Art der Bausandsteine, abwechselnd mit Konglomeratlagen und Mergeln mit Pechkohlenflözen. Im allgemeinen herrscht brackische Fazies, doch treten immer wieder marine Horizonte auf. Die Hangendgrenze wird durch den Beginn der viel gleichmäßigeren Cyrenenmergel-Fazies gebildet.

Da diese Konglomerate im liegenden Teil der flözführenden Molasse-schichten weit verbreitet sind, möchte ich diese Gliederung KORSCHOLTS auch auf die Peißenberger und die Nonnenwald-Mulde anwenden. Entsprechend der Faziesentwicklung in den tieferen Teilen der Unteren Süßwassermolasse bildet hier die Untere Bunte Molasse das Hangende der Übergangszone. Da die absolute Horizontbeständigkeit der Konglomerate wegen fehlender Aufschlüsse nicht beweisbar ist, bleibt bei dieser Verwendung der Konglomeratlagen im Hangenden der Bausteinzone als Leithorizont eine Unsicherheit. Diese Unsicherheit soll jedoch in Kauf genommen werden, da sonst ein stratigraphischer Vergleich überhaupt nicht möglich ist. In diesem Bereich gilt also folgende Gliederung:

Untere Bunte Molasse — Cyrenen-Schichten
 Übergangszone (tiefste Flözhorizonte)
 Baustein-Schichten im engeren Sinne

In der Peißenberger und Nonnenwald-Mulde sind über die Ausbildung dieser Schichtglieder keine direkten Beobachtungen möglich. Aufschlüsse finden sich nur in der südlich anschließenden Rottenbacher und Penzberger Mulde. Die folgenden Beschreibungen behandeln die dort aufgeschlossenen Schichten. Es ist anzunehmen, daß die Verhältnisse in der nördlicheren Muldenzone davon nicht wesentlich abweichen, da sich die fazielle und petrographische Ausbildung von Baustein-Schichten und Übergangszone in der subalpinen Molasse nur langsam ändert.

In der Rottenbacher Mulde treten die Schichten im Südflügel (Echelsbacher Brücke) und Nordflügel (Krebsbach) zu Tage. GILLITZER (1914) gibt im Ammerprofil (Echelsbacher Brücke) für die Baustein-Schichten im engeren Sinne 150 m Mächtigkeit an. Darüber läßt er die Untere Bunte Molasse beginnen. Auch er unterscheidet ein „überleitendes Glied“, welches aus den „kohleführenden Zwischenschichten (Echelsbacher Kohlschichten)“ und der „Konglomeratzone“ besteht. Die Mächtigkeit dieser Übergangszone beträgt nach GILLITZER etwa 170 m. Sie gliedert sich nach seinen Beobachtungen wie folgt:

Über einigen geringmächtigen Gerölleinlagen im hangenden Teil der Baustein-Schichten folgt ein 7—8 m mächtiges Konglomerat, das „Echelsbacher Konglomerat“. Es wird direkt überlagert vom Echelsbacher Flözhorizont, welcher etwa 5 m mächtig ist und zwei Flöze mit 30 cm und 10 cm Kohle enthält. Im Hangenden schließen sich buntgefleckte Staubsandsteine an. Über einer zweiten Konglomeratbank folgen zwischen weiteren geringmächtigen Konglomeraten rotbunte Steinmergel in der Fazies der Unteren Bunten Molasse. Die Grenze gegen die Untere Bunte Molasse im engeren Sinne wird durch das Aufhören der Geröllschüttung und den Beginn der gleichförmigen Steinmergel und Staubsandsteine markiert. Naturgemäß läßt sich die Grenze nicht auf den Meter genau festlegen.

Der Fazies nach ist die flözführende Übergangszone im Ammerprofil nur noch 5 m mächtig. Selbst dieser Bereich führt nach den Angaben ZÖBELEINS (1955) keine brackischen Fossilien mehr, der marine Einfluß ist mit dem Beginn des Echelsbacher Konglomerats zu Ende. Trotzdem kann man im tiefsten Teil der Unteren Bunten Molasse eine konglomeratische Serie abtrennen und sie zusammen mit dem Flözhorizont der weiter östlich ausgebildeten Übergangszone KORSCHELTS gleichsetzen.

In der Penzberger Mulde sind im Muldensüdflügel bei St. Johannsrain die Übergangsschichten früher durch Schurfarbeiten aufgeschlossen worden. Das dort aufgenommene Schichtenprofil ist auf Beilage 1, Profil 5, wiedergegeben. Auch hier schließen die Baustein-Schichten engeren Sinnes nach oben mit einem morphologisch an vielen Stellen hervortretenden Konglomerat ab. Ähnlich wie bei Echelsbach folgt über der hier mächtigeren liegenden Konglomeratzone ein Flöz, welches von einer weiteren Konglomeratbank überlagert wird. Weiter ins Hangende folgen vorwiegend Sandsteinbänke in der petrographischen Ausbildung der Bausandsteine, daneben fossilführende Mergel und weitere 4 Flözhorizonte mit einer oder mit mehreren dünnen Kohlenlagen von 1—2 cm Dicke. Die Grenze gegen die Fazies der Unteren Bunten Molasse ist nicht eindeutig festzulegen, weil in dem fraglichen Bereich die Aufschlüsse fehlen. Die Grenze dürfte jedoch ziemlich genau mit dem Beginn des erwähnten Schurfs zusammen-

fallen, da die Morphologie auf das Aufhören der härteren (Bau-) Sandsteine und auf den Beginn mergeliger Gesteine schließen läßt. Für die gesamte, brackisch-marine und flözführende Übergangszone kommt man hier auf eine Mächtigkeit von ca. 300 m. Die produktive Fazies im unteren Grenzbereich der Unteren Süßwassermolasse, welche in der Rottenbucher Mulde nur 5 m mächtig ist, hat also hier auf Kosten der Fazies der Unteren Bunten Molasse bedeutend zugenommen. Diese Zunahme hat zum Entstehen der tiefsten Flözhorizonte geführt, die in der Haushamer und Mariensteiner Mulde produktiv werden.

3. Untere Bunte Molasse

Im Hangenden dieser teilweise flözführenden Übergangszone folgen in der Peißenberger und der Rottenbucher Mulde wie in der Nonnenwald- und der Penzberger Mulde die mächtigen Sedimentserien der Unteren Bunten Molasse. Ihr Gesteinscharakter ist wiederholt beschrieben worden, ich verweise vor allem auf GILLITZER (1914) und ZÖBELEIN (1955).

Die Mächtigkeit der Unteren Bunten Molasse beträgt in der Rottenbucher Mulde nach GILLITZER im Südflügel 1350 m, im Nordflügel ca. 1000 m. GILLITZER konnte die Schichtserie in eine untere „rote bunte“ und eine obere „graue bunte“ Abteilung untergliedern. Diese Unterteilung belegte ZÖBELEIN (1955) auch paläontologisch durch Landschnecken. Ein Schluß auf die Mächtigkeit der Unteren Bunten Molasse in der Peißenberger Mulde ist nicht ohne weiteres möglich, da hier die Fazies der Cyrenenmergel mächtiger ausgebildet ist und einen Teil der bunten Schichten der Rottenbucher Mulde vertritt. Trotzdem darf man auch in der Peißenberger Mulde bis über 1000 m Mächtigkeit für die Untere Bunte Molasse annehmen.

In der Penzberger Mulde beträgt die Mächtigkeit im Muldensüdflügel 1050 m vom morphologisch bestimmaren Aufhören der Übergangszone bis zum Auftreten der produktiven Cyrenenmergel-Fazies im Liegenden von Flöz Null. Die gleiche Mächtigkeit kann man in der Nonnenwald-Mulde annehmen, da auch in der Ausbildung und Mächtigkeit der Cyrenen-Schichten in beiden Mulden kaum Unterschiede bestehen.

Auch in Penzberg kann man aus alten Schurtaufnahmen und Profilen (aufgenommen von Markscheider SCHLUGE um 1890) auf eine Zweiteilung der Unteren Bunten Molasse schließen. Nur die oberen 680 m des Schichtpakets werden danach als eigentliche „Bunte Molasse“ bezeichnet. Darunter sollen gelbliche Sandsteine folgen, die offenbar nicht der üblichen Beschaffenheit der Gesteine der Unteren Bunten Molasse entsprechen. Aus dem tiefsten Teil, dem Grenzbereich gegen die Übergangszone, sind keine Aufschlüsse bekannt geworden.

4. Produktive Cyrenen-Schichten und sogenannte Glassande

Hierzu Beilage 1, Profil 1—4

Die produktiven Cyrenen-Schichten bestehen aus zwei ungefähr gleich mächtigen Komplexen. Der liegende Teil ist in der Peißenberger wie in der Nonnenwald-Mulde gleichartig ausgebildet. Er besteht aus einer Folge von brackischen Cyrenenmergeln, Sandmergeln und Sandsteinen. Ihre Mächtigkeit beträgt in der Peißenberger Mulde 380 m (in ihr liegen die Flöze 5—26), in der Nonnenwald-Mulde 350 m (mit den Flözen 0—24). In dem Profil aus

Querschlag 6 m 2 (Beilage 1, Profil 2), welches als Beispiel für die Verhältnisse in Peißenberg gewählt wurde, ist der liegende Teil des Schichtpaketes flözärmer. Hier macht sich der in den westlichen Querschlügen der Grube Peißenberg zunehmende Einfluß der Fazies der Bunten Molasse bemerkbar. Im übrigen gleichen die Verhältnisse grundsätzlich denen in der Nonnenwald-Mulde (Beilage 1, Profil 4).

Das Hangende und die obere Begrenzung dieser Schichten bildet der sogenannte Untere Sand. In der Nonnenwald-Mulde ist er ca. 25 m mächtig und wird aus reinem Quarzsand mit kaolinischem Bindemittel gebildet. Nach GILLITZER (1955, S. 19) sollen an der Grenze zwischen Unterem Sand und liegenden Cyrenenmergeln marine Lagen gefunden worden sein. Über dem Sand folgen in der Nonnenwald-Mulde wiederum 240 m Cyrenenmergel mit den Flözen 25—32 (sogenannte Schwaiger Schichten) in der gleichen Ausbildung wie die Cyrenenmergel unter dem Unteren Sand. Den Abschluß gegen das Hangende bildet ein zweiter Quarzsandstein, der ca. 15 m mächtige Obere Sand. Die Gesamtmächtigkeit dieses hangenden Teils der produktiven Cyrenen-Schichten in der Nonnenwald-Mulde beträgt mit den beiden Sanden 280 m, die Mächtigkeit der gesamten produktiven Cyrenen-Schichten 630 m.

In der Peißenberger Mulde ist der ca. 220 m mächtige obere Teil grundsätzlich vom unteren Teil verschieden und auch anders ausgebildet als die Schwaiger Schichten der Nonnenwald-Mulde. In den mittleren Querschlagsabteilungen (m 2, Wetterschacht, siehe Beilage 1, Profil 2) folgt über den Cyrenenmergeln zunächst ein ca. 40 m mächtiges Kalksandsteinpaket. In Analogie zur Nonnenwald-Mulde trägt es die Bezeichnung „Unterer Sand“. Über ihm liegt eine von wenigen dünnen mergeligen Lagen mit schwacher Flözföhrung unterbrochene Folge aus harten und weichen Kalksandsteinen. Den ca. 45 m mächtigen hangenden Teil der Serie nennt man, wieder in Analogie zur Nonnenwald-Mulde, den „Oberen Sand“. Er enthält in seinem oberen Drittel den Horizont des Flözes 1.

Soweit diese Sandsteine fossilführend sind, enthalten sie vorwiegend Reste von Bewohnern des Brackwassers. Seit langem ist ein mariner Horizont aus den sogenannten Zwischen-Cyrenenschichten bekannt, den sandig-mergeligen Schichten zwischen Unterem und Oberem Sand. Er ist z. B. bei Steinfall (Straße nach Hohenpeißenberg) aufgeschlossen, von wo BÄRTLING (1905, S. 44) eine ausführliche Fossilliste gibt. Das gleiche Vorkommen beschreibt auch GILLITZER (1955, S. 24). Außerdem hat BÄRTLING (S. 47) aus dem obersten Teil des Peißenberger Oberen Sandes, aufgeschlossen im Sulzer Steinbruch, eine marine Fauna beschrieben.

Die flözföhrnden Mergelinlagerungen verschwinden in den östlichen Teilen des Peißenberger Grubenreviers, gleichzeitig nimmt der marine Einfluß zu. Bereits beim Hauptschacht haben sich die gesamten Schichten zwischen Unterem und Oberem Sand zu einem einzigen Sandsteinpaket zusammengeschlossen, das eine Abtrennung der beiden Sande nur mit Mühe erlaubt. Im Peißenberger Ostfeld ist diese Entwicklung noch weiter gediehen. Nach GILLITZER (1957, S. 642) kann man in den dort niedergebrachten Bohrungen „Oberhausen“ und „Auf dem Alta“ die „Schichten unterhalb der Becherstollenschichten nicht mehr in ihre Unterabschnitte gliedern, es liegt ein zusammenhängendes Sandsteinpaket bis zur Basis des Unteren Sandes vor“. Die Mächtigkeit des Sand-

steins wird mit 230 m angegeben, sie hat sich also gegenüber dem Mittelfeld nicht geändert. Die Fazies ist nach den Fossilbestimmungen HÖLZLS (in GIL-LITZER 1957, S. 644) durchweg marin. Erst unter der Basis des Unteren Sandes treten flözführende, brackische Cyrenenmergel in üblicher Ausbildung auf. Sie enthalten die aus dem Mittelfeld bekannten Flöze in durchweg größerer Mächtigkeit und schönerer Ausbildung.

Im Westteil des Peißenberger Reviers geht diese marin-brackische Sandsteinfazies zum Teil in normale flözführende Cyrenenmergel-Fazies über. Erst dort kann man wirklich von einem Unteren und einem Oberen Sand sprechen. Die Faziesübergänge in den produktiven Cyrenen-Schichten im Westteil des Peißenberger Reviers sind in einer früheren Arbeit (LENSCH 1958) im einzelnen dargestellt.

5. Promberger Schichten und höhere Cyrenen-Schichten bis zur Basis der Oberen Bunten Molasse

Unmittelbar über dem Oberen Sand folgen in der Nonnenwald-Mulde die sogenannten Promberger Schichten. Sie wurden erstmals von WEITHOFER (1899, S. 271) so benannt und später nochmals eingehender beschrieben (WEITHOFER 1935). Es handelt sich um eine vorwiegend sandige, rein marine Serie. Nach der Fossilliste bei WEITHOFER (1935, S. 5) ähnelt der Fossilinhalt sehr dem der Unteren Meeresmolasse. Nach seinen Angaben werden die Promberger Schichten in der Nonnenwald-Mulde 400 m mächtig. Aufgrund der Unterlagen der Markscheiderei in Penzberg kam ich nur auf ca. 330 m, was sich übrigens genau mit den Angaben WEITHOFERS (1912) über die Mächtigkeit der Promberger Schichten in dem großen Wasserstollen im Leitzachtal deckt.

Über diesen marinen Schichten folgen im Penzberger Gebiet nochmals brackische flözführende Mergel von bisher unbekannter Gesamtmächtigkeit. In der Nonnenwald-Mulde, deren innersten Kern sie erfüllen, erreichen sie 45 m und führen ein unbauwürdiges Flöz von 15 cm Kohle und 15 cm Stinkstein („Daser Flöz“, WEITHOFER 1899, S. 279). Eine Fortsetzung dieser Schichten ins Hangende ist im Penzberger Grubenrevier nicht bekannt. Erst jenseits der nördlichen Hauptüberschiebung sind Schichten der Oberen Bunten Molasse unter Tage angefahren worden. Die auf dem Profil 3 der Beilage 1 angegebenen Mächtigkeiten für Daser Schichten und Obere Bunte Molasse sind Mindestmächtigkeiten. Tatsächlicher Schichtenverband und wirkliche Mächtigkeit sind nirgends bekannt.

Promberger Schichten und darüber folgende Cyrenen-Schichten sind im Jahre 1911 durch einen Wasserstollen im Leitzachtal erschlossen worden. Nach WEITHOFER (1912, S. 352) erreichen hier die Promberger Schichten eine Mächtigkeit von 320 m; über ihnen folgen 150 m Cyrenen-Schichten, welche den Daser Schichten entsprechen. In einer späteren Arbeit (1917) schlägt WEITHOFER für diese Schichten den Namen „Heimberg-Schichten“ vor. Auch in diesem Aufschluß im Leitzachtal werden die Daser-Heimberg-Schichten von einer Störungszone abgeschnitten. In der 250 m langen gestörten Zone erscheinen miteinander verschuppte Cyrenenmergel und Obere Bunte Molasse. Hinter der Störungszone beginnt sofort die Obere Meeresmolasse.

In der Peißenberger Mulde liegen über dem Oberen Sand ca. 190 m sandige und mergelige Schichten größtenteils brackischer Fazies mit den sogenannten Becherstollen- und Unterbau-Flözen. Die Schichten gehen ungestört und all-

mählich in die Fazies der Oberen Bunten Molasse über. Die Grenze zwischen beiden Schichtgliedern ist unscharf. Konventionell gilt das Obere Unterbaufköz als die Obergrenze dieser „Höheren Cyrenen-Schichten“. Die ganze mergelig-sandige Schichtfolge mit ihren Flözen über dem Oberen Sand ist von GILLITZER (1955) im einzelnen untersucht und gegliedert worden.

6. Faziesentwicklung und stratigraphische Identifizierung der brackisch-marinen Schichten zwischen der Unteren und der Oberen Bunten Molasse in der Peißenberger und in der Nonnenwald-Mulde

Hierzu Beilage 4 und 5.

Schon seit langer Zeit hat man versucht, die flözführenden Schichten der Nonnenwald-Mulde und der Peißenberger Mulde zu parallelisieren. Man ging dabei von den im Penzberger Revier bekannten beiden Glassanden aus und versuchte, sie ähnlichen Gesteinen in Peißenberg gleichzusetzen.

WEITHOFER (1899, S. 270) schreibt schon, daß diese Quarzsandsteine zur Schichtparallelisierung bis nach Peißenberg verwendet werden könnten: „Am besten bekannt und aufgeschlossen sind sie in dem Bergreviere von Penzberg—Promberg, erstrecken sich jedoch nach Westen über Staltach bis Peißenberg. . .“. Er vermutete auch im Hangenden des Peißenberger Oberen Sandes die marinen Promberger Schichten, konnte aber wegen schlechter Aufschlußverhältnisse keine Beobachtungen machen.

BÄRTLING (1905, S. 46) fand im Sulzer Steinbruch bei Peißenberg eine marine Fauna, welche er als Äquivalent der Promberger Schichten auffaßte und ins Hangende des Oberen Sandes setzte.

STUHLIK (1906, S. 322 ff.) brachte eine ausführlichere Abhandlung über die Gleichstellung der Penzberger Glassande mit den „Glassanden“ in Peißenberg und folgerte als erster richtig, daß bei dem Zutreffen dieser Gleichsetzung die Obere Bunte Molasse in Peißenberg stratigraphisch den Promberger Schichten der Nonnenwald-Mulde entspricht. Er erkannte auch, daß die Untere Bunte Molasse der Peißenberger und Penzberger Reviere in Hausham in der Fazies der Cyrenen-Schichten ausgebildet ist. Schließlich berichtete er über das Vorkommen mariner Fossilien in den Schichten zwischen dem Peißenberger Oberen und Unteren Sand und stellte fest (S. 328), daß die von BÄRTLING (1905) beschriebene marine Fauna nicht über, sondern unter dem Oberen Sand liegt. Diese Gleichsetzung der Penzberger Glassande mit dem Oberen und Unteren Sand in Peißenberg ist bis heute die Grundlage aller stratigraphischen Vergleiche zwischen beiden Revieren geblieben.

Die von STUHLIK erkannten Konsequenzen einer stratigraphischen Identifizierung der Schichtglieder der Reviere Peißenberg und Penzberg auf der Grundlage der Gleichsetzung der Sande sind später oft verwischt und vermengt worden. Diese Konsequenzen seien daher nochmals genannt: Wenn man den Peißenberger Oberen Sand dem Oberen Glassand in Penzberg stratigraphisch gleichsetzt, dann beginnt das stratigraphische Äquivalent der Promberger Schichten in Peißenberg erst über dem Oberen Sand. Den Promberger Schichten entsprechen also in Peißenberg die Höheren Cyrenen-Schichten (Becherstollen- und Unterbauschichten) und ein Teil der Oberen Bunten Molasse. Es ist dann sowohl stratigraphisch als auch faziell falsch, die Schichten zwischen dem

Unteren und dem Oberen Sand in Peißenberg als „Promberger Sande“ zu bezeichnen. Sie entsprechen vielmehr den Schwaiger Schichten der Nonnenwald-Mulde mit den dortigen Flözen 25—32. Wirkliche Promberger Schichten gibt es unter dieser Voraussetzung in Peißenberg nicht.

In der weiteren Diskussion vertrat KOEHNE (1910 und 1912) ebenfalls die Auffassung STUCHLIKS. Er übertrug die Penzberger Bezeichnung „Schwaig-Neumayer-Schichten“ auf die Peißenberger Schichten zwischen Unterem und Oberem Sand und berichtete, daß diese Schichten beim Schacht Peißenberg völlig sandig ausgebildet seien und sich erst in der Peitinger Gegend den Penzberger Verhältnissen näherten. Seine Auffassung der Promberger Schichten ist jedoch nicht mehr so scharf definiert wie die STUCHLIKS.

WEITHOFER (1935) brachte später noch eine ausführlichere, vor allem paläontologische Behandlung der Promberger Schichten und verglich sie mit anderen, außerbayerischen, gleichalten marinen Tertiärbildungen, ging aber auf ihre Stellung oder Vertretung im Westteil der flözführenden Molasse nicht mehr ein.

Nach der Arbeit STUCHLIKS (1906) erschienen noch eine Reihe von Aufsätzen, die mehr untergeordnete Fragen behandeln; ihre Ergebnisse sind von WEITHOFER (1915) zusammengefaßt worden. Die Glassande als Leithorizonte wurden nirgends in Frage gestellt, nur über Mächtigkeit, Ausbildung und Lagerungsverhältnisse der Promberger Schichten im Peißenberger Gebiet herrschten noch Unstimmigkeiten.

Später geriet die klare Gliederung STUCHLIKS und WEITHOFERS offenbar wieder in Vergessenheit. So vereinigte HARTMANN (1938, S. 31) auch im Penzberger Revier die sowohl stratigraphisch als auch fazial zu trennenden Einheiten der Schwaiger Schichten (zwischen dem Unteren und dem Oberen Glassand) und der Promberger Schichten (über dem Oberen Glassand). Er bezeichnete die Peißenberger Schichten zwischen den beiden Sanden als „Promberger Sandstein“ und deutete sie als „sandige Fazies der im Penzberger Kohlenbezirk viel mergeliger und mächtiger entwickelten marinen Promberger Mergelschichten...“. Nach seiner Darstellung (S. 31) enthalten „im Gebiet der Nonnenwald-Mulde... die Promberger Schichten... nurnmehr zwei Sandsteinhorizonte, deren unterer als der bedeutendere rund 30 m stark ist“. Gemeint sind die Schwaiger Schichten, die HARTMANN offenbar mit den Promberger Schichten identisch glaubte. Dadurch, daß er den ganzen Peißenberger Schichtkomplex vom Unteren bis Oberen Sand als „Promberger Sandstein“ bezeichnete (S. 32) und ihn mit den von ihm irrümllich mit den echten Promberger Schichten gleichgesetzten Schwaiger Schichten der Nonnenwald-Mulde in Verbindung brachte, trat eine Verwirrung der Begriffe ein, die sich immer noch bei Diskussionen über die Stratigraphie und Fazies der flözführenden Molasse bemerkbar macht.

Erst M. RICHTER (1940) trennte wieder scharf die Begriffe „Glassande“ und „Promberger Schichten“. Er kam zu dem Ergebnis, daß nur der Untere Sand in Peißenberg dem Penzberger Glassand vergleichbar ist, während der Obere Sand „... nichts mit dem wirklichen Glassand zu tun hat, sondern daß er mehr den Verhältnissen von Penzberg zuliebe ausgeschieden worden ist“ (S. 20). Die sogenannten Promberger Schichten des Peißenbergs können nach seiner Auffassung „nicht den echten Promberger Schichten entsprechen, denn nördlich von

Penzberg beginnt die marine Transgression derselben 200 m über dem Unteren Glassand, am Peißenberg und bei Rottenbuch dagegen liegen die bisher den Promberger Schichten zugerechneten Sandsteine unmittelbar auf dem Unteren Glassand. Sie können daher unmöglich Promberger Schichten sein, denn die Transgression der Promberger Schichten kommt ja aus dem Osten, kann also in einem westlich gelegenen Gebiet nicht bereits 200 m tiefer beginnen“ (S. 22). Bei den marinen Bänken, die man bisher mit den Promberger Schichten identifiziert hatte, handelt es sich nach RICHTER um Sandsteine in den Cyrenen-Schichten mit gelegentlich stärkerer Beteiligung mariner Formen. Wie bereits STUHLIK (1906) sah M. RICHTER das Äquivalent der Promberger Schichten am Peißenberg in einem Teil der Oberen Bunten Molasse.

In neuerer Zeit hat GILLITZER (1955) speziell die Peißenberger Verhältnisse dargestellt. Er vertritt im wesentlichen die gleiche Auffassung. Wie RICHTER legt er dar, daß von einem „Oberen Glassand“ keine Rede sein kann, daß vielmehr innerhalb eines ca. 140 m mächtigen Sandpaketes nicht horizontbeständige mürbe Lagen vorkommen, die über Tage zu „Glassanden“ zerfallen. Außerdem weist er auf weitere Sandlagen hin (3. und 4. Sand), die im Hangenden des Oberen Sandes liegen und über Tage ebenfalls zu Glassanden verwittern können. Beim Vergleich der Nomenklatur in Penzberg und Peißenberg (S. 28) kommt GILLITZER wie M. RICHTER zu dem Ergebnis, daß die Promberger Schichten erst über den obersten Sandsteinlagen des „Oberen Sandsteinpaketes“ liegen können, während die Sandsteine selbst den Schwaiger Schichten gleichzusetzen sind. In einer jüngsten Arbeit drückt sich GILLITZER (1957, S. 644) noch konkreter aus, indem er die Peißenberger Becherstollen-Unterbau-Schichten und einen Teil der Oberen Bunten Molasse stratigraphisch den Promberger Schichten des Penzberger Reviers gleichsetzt. In der gleichen Arbeit berichtet er, daß im Ostfeld der Grube Peißenberg die gesamten, hier durchweg sandig entwickelten „Schwaiger Schichten“ vollmarin ausgebildet sind und erklärt diese überraschende Tatsache durch besondere paläogeographische Verhältnisse.

Über den engeren Rahmen des hier behandelten Gebietes hinausgehend sind alle bisherigen Gliederungsversuche der subalpinen Molasse Oberbayerns von ZÖBELEIN (1957) kritisch miteinander verglichen worden. Wegen weiterer Einzelheiten sei auf diese Arbeit verwiesen.

Beim Vergleich der Profile 1 und 3 auf Beilage 1 gelangt man bei der stratigraphischen Gleichsetzung Unterer Sand in Peißenberg = Unterer Sand in Penzberg, und unter Berücksichtigung aller bisher bekannten Tatsachen zu dem auf Beilage 4 wiedergegebenen schematischen Faziesprofil (Deutung A). Die tiefere Abteilung der flözführenden Cyrenen-Schichten erstreckt sich in gleichbleibender Mächtigkeit von der Nonnenwald-Mulde bis zum Peißenberger Mittelfeld und verzahnt sich weiter nach Westen zunehmend mit der Unteren Bunten Molasse, bis die brackische Fazies am Lech fast völlig verschwunden ist. Das Optimum der Flözbildung liegt, wie die Tiefbohrungen im Peißenberger Ostfeld ergeben haben, in den bergmännisch noch nicht aufgeschlossenen Teilen der Grubenreviere östlich von Peißenberg und westlich von Penzberg.

In der Bohrung Oberhausen ist die in Penzberg flözführende mergelig-brackische Schwaiger Schichtserie zwischen den beiden Glassanden als kompakte marine Sandsteinfolge angetroffen worden. Zwischen den westlichen Auf-

schlüssen des Penzberger Reviers und Oberhausen muß also ein Übergang von der brackisch-mergeligen zur sandig-marinen Fazies stattfinden. Der Einfluß dieser Fazies nimmt erst weiter nach Westen wieder ab, so daß zwischen Peiting und dem Lech ähnliche Verhältnisse herrschen wie in der Nonnenwald-Mulde.

Die marinen Promberger Schichten der Nonnenwald-Mulde, die ja über der eben beschriebenen Schichtfolge liegen, müssen nach Westen sehr rasch in brackische und terrestrische Fazies übergehen, denn in der Bohrung Oberhausen wurden über dem marinen Sand nur 175 m brackische Sande und Mergel der Unterbau- und der Becherstollen-Schichten gefunden. Ihnen stehen im Penzberger Gebiet immerhin 330 m Promberger Schichten + bis 150 m Heimberg-Schichten gegenüber. Die höheren Cyrenenschichten-Horizonte der Bohrung Oberhausen zeigen außerdem fast die gleiche Ausbildung wie im Peißenberger Hauptfeld.

Bei diesem aus der Deutung A folgenden Übergang der ziemlich mächtigen Promberger Schichten in brackische und limnische Fazies nach Westen können sich in diesem stratigraphischen Niveau zwischen Penzberg und Oberhausen flözführende, brackische Cyrenen-Schichten in größerer Mächtigkeit einschalten. Da die eigentlichen produktiven Cyrenen-Schichten hier zu tief liegen, wäre dies für einen eventuellen Bergbau in dieser Gegend von Interesse.

Diese sozusagen „klassische“ Deutung der Stratigraphie der beiden Kohlenreviere hat zweifellos vieles für sich. Trotzdem scheinen mir manche Gründe gegen sie zu sprechen, namentlich die Ergebnisse der Tiefbohrungen im Peißenberger Ostfeld. Die hauptsächlichen Gründe sind:

1. Die schon lange bekannte Tatsache, daß den Penzberger Glassanden wirklich entsprechende Horizonte in Peißenberg nicht vorhanden sind.
2. Die ebenfalls schon lange bekannten Einschaltungen mariner Fossilien im Liegenden des Peißenberger Oberen Sandes.
3. Die erst durch die Tiefbohrungen im Peißenberger Ostfeld bekannt gewordene vollmarine Ausbildung des gesamten Sandkomplexes. Sie ist, von den bisherigen Vorstellungen ausgehend, nur schwer zu erklären.
4. Demgegenüber das aus der klassischen Auffassung zu folgernde sehr rasche und völlige Verschwinden der ziemlich mächtigen Promberger Schichten der Nonnenwald-Mulde nach Westen. In der Bohrung Oberhausen ist über dem marinen Sand nur ein 175 m mächtiger Komplex brackischer Schichten gefunden worden, der eigentlich nur als Fortsetzung der Daser-Heimberg-Schichten aufgefaßt werden kann.

Deshalb möchte ich von der bisher üblichen Ansicht abgehen und die faziellen und stratigraphischen Zusammenhänge zwischen den brackisch-marinen Schichten der Nonnenwald-Mulde und der Peißenberger Mulde durch die auf Beilage 5 (Deutung B) niedergelegte Auffassung deuten. Sie löst die Widersprüche der bisherigen Auffassung (Deutung A) ziemlich zwanglos und steht auch in ihren übrigen Konsequenzen nicht im Widerspruch zu den bekannten und abzuleitenden stratigraphisch-faziellen Verhältnissen in diesem Teil der Unteren Süßwassermolasse.

Ich gehe dabei von der Vorstellung aus, daß die Penzberger Glassande in Peißenberg nicht existieren, sondern daß zufällig ähnlich ausgebildete Schichten mit den echten Glassanden nur „den Penzberger Verhältnissen zuliebe“ gleichgesetzt worden sind. Die Sandschichten über den Peißenberger produktiven Cyrenen-Schichten betrachte ich vielmehr als das stratigraphische Äquivalent der echten Promberger Schichten der Nonnenwald-Mulde. Diese werden nach Westen zu offenbar sandiger und geringmächtiger, bleiben aber bis in das Peißenberger Ostfeld marin; erst im Mittelfeld setzt sich die brackische Fazies durch. Die oft erwähnten geringmächtigen marinen Horizonte im Liegenden des Oberen Sandes sind die westlichsten Ausläufer der Promberger Fazies. Mit ähnlichen stratigraphischen Vorstellungen wendet SCHMIDT-THOMÉ (1955, S. 415) die „Promberger Schichten als Faziesbegriff“ auf die Peißenberger und Rottenbacher Mulde an.

Noch weiter nach Westen geht die sandig-marine Fazies dann völlig in die mergelig-brackische Cyrenenmergel-Fazies über und wird produktiv. Schließlich bleiben noch zwei Sandlagen übrig, die annähernd den gleichen Abstand voneinander haben wie die Penzberger Glassande. Es ist möglich, den Peißenberger Unteren Sand mit dem Penzberger Oberen Sand stratigraphisch gleichzusetzen, obwohl es sich in Penzberg um einen Sand mit kaolinischem Bindemittel handelt, der bereits im Grubenwagen zu zerfallen beginnt, während der Peißenberger Untere Sand ein ziemlich fester Kalksandstein ist. Die Becherstollen- und Unterbau-Schichten im Hangenden der Peißenberger Sande entsprechen dann altersmäßig den Daser-Heimberg-Schichten, was auch der Mächtigkeit nach sehr gut stimmt.

Die Cyrenen-Schichten im Liegenden des Peißenberger Unteren Sandes sind demnach gleichaltrig mit den Schwaiger Schichten der Nonnenwald-Mulde. Nach Westen verzahnen sie sich mit der Unteren Bunten Molasse und nehmen an Mächtigkeit ab. Nach Osten dringen sie in immer tiefere Teile dieser sterilen Fazies vor. Der unteren Abteilung der Penzberger produktiven Cyrenen-Schichten entspricht daher in Peißenberg stratigraphisch eine ebenso mächtige Abteilung der Unteren Bunten Molasse. Wieweit die produktive Fazies im Peißenberger Ostfeld schon ins Liegende reicht, bleibt unbekannt, da die Bohrungen unter den in Peißenberg bekannten Flözen eingestellt worden sind. Der Penzberger Untere Sand schließlich keilt zwischen Penzberg und Peißenberg aus oder findet seine Fortsetzung in einem der zahlreichen Sandsteine der Cyrenen-Schichten und der Unteren Bunten Molasse. Diese Verdrängung der bunten festländischen durch die graue brackische Fazies, die nach Osten hin sowohl vom Hangenden wie auch vom Liegenden ausgehend immer größere Teile der Unteren Bunten Molasse in Cyrenenmergel umwandelt, kommt auf dem Faziesprofil der Beilage 5 deutlich zum Ausdruck. Sie entspricht ganz der bekannten allgemeinen Faziesentwicklung im Bereich der Unteren Bunten Molasse, die nach Osten zu mehr und mehr in Sedimente von brackischer und schließlich mariner Fazies übergeht.

Ein Beweis für die Richtigkeit der einen oder anderen Deutung ist vorläufig nicht möglich. Ein Vergleich der Mächtigkeiten der Bunten Molasse im Hangenden und Liegenden der brackisch-marinen, flözführenden Schichten könnte Anhaltspunkte geben. Man kann ihn aber bis auf weiteres nicht durchführen,

weil ungestörte Profile bis zum Liegenden, der Unteren Meeresmolasse, und zum Hangenden, der Oberen Meeresmolasse, weder in der Peißenberger noch in der Nonnenwald-Mulde bekannt sind. Sicher ist nur die Mächtigkeit der Unteren Bunten Molasse in der Penzberger und in der Rottenbacher Mulde. Nach dem zeitigen Stand der Kenntnisse gibt es in der Molasse auch keine engbegrenzten paläontologischen oder petrographischen Leithorizonte. Deshalb wird die Frage, ob die Schichten zwischen dem Peißenberger Unteren und Oberen Sand stratigraphisch wirklich den Promberger Schichten entsprechen, erst durch weitere Aufschlüsse, durch Bohrungen und durch den Bergbau zu entscheiden sein. Bis dahin hat die Deutung B mindestens ebensoviel Wahrscheinlichkeit wie die bisher übliche Deutung A.

7. Obere Bunte Molasse und Miozän-Flöz-Horizont

Die Obere Bunte Molasse bildet zwar überall das Hangende der brackischen, flözführenden Schichten, doch ist der ungestörte Übergang nur in der Peißenberger und Rottenbacher Mulde zu beobachten. Ein vollständiges Profil durch die Obere Bunte Molasse konnte an keiner Stelle beobachtet werden, so daß genaue Angaben über ihre Gesamtmächtigkeit unmöglich sind. Aus den Verhältnissen in der Peißenberger Mulde folgt, daß sie hier über 1000 m mächtig sein muß. Für das Gebiet der Nonnenwald-Mulde sind keine genauen Angaben bekannt.

Im Hangenden der Oberen Bunten Molasse folgt im Peißenberger Gebiet, als Übergangsfazies zur Oberen Meeresmolasse, nochmals ein geringmächtiger, brackischer Horizont. Er ist bei dem Gut Dessau am Lech aufgeschlossen und wurde beim Gut Berghof östlich Peißenberg durch einen Schurf freigelegt. HÖLZL (1953), der den Schurf aufnahm und bearbeitete, kam zu dem Ergebnis, daß diese brackischen Schichten keine „Cyrenen-Schichten“ im eigentlichen Sinne mehr sind, sondern daß sie bereits eine veränderte, jüngere Fauna enthalten. Nach seinen Angaben sind die brackischen Schichten etwa 25 m mächtig und führen ein 10 cm mächtiges Pechkohlenflöz. Weiter im Osten ist der Horizont nicht bekannt geworden. Er dürfte jedoch, ähnlich wie der Echelsbacher Flözhorizont, an der Grenze zwischen der limnisch-fluviatilen und der marinen Fazies sehr weit anhalten und vielleicht auch weiter im Osten noch besser entwickelt sein.

8. Altersvergleich der Peißenberger und der Nonnenwald-Penzberger Flöze

Die Zusammenfassung der in den vorhergehenden Abschnitten dargelegten Beobachtungen und Vorstellungen ergibt das stratigraphische Schema auf Tabelle 4. Die Mächtigkeiten der einzelnen Schichtglieder, die Gesteinsausbildung und die Flözabstände sind auf den Profilen 1 bis 4 der Beilage 1 dargestellt.

Eine Parallelisierung der Flöze in den beiden Revieren ist bei dieser Gegenüberstellung nur zum Teil möglich. Nach der Deutung A wäre eine Flözgleichstellung besser und leichter möglich. Da die Pechkohlenflöze jedoch durchaus keine beständigen Horizonte sind, kann dies zufällig sein und spricht weder für noch gegen eine der beiden Auffassungen.

Tabelle 4

Schichtenvergleich zwischen der Peißenberger und der Nonnenwald-Mulde

Schichtbezeichnung in der Peißenberger Mulde	Schichtbezeichnung in der Nonnenwald-Mulde
Obere Meeres-Molasse	
Berghof-Schichten (Miozän-Flöz)	?
Obere Bunte Molasse	
Unterbau-Horizont Becherstollen-Horizont	Daser- oder Heimberg- Schichten
Oberer Sand Zwischen-Cyrenenschichten (Flöz 1—4)	Promberger Schichten
Unterer Sand	Oberer Sand
Produktive Cyrenenschichten (Flöz 5—26)	Schwaiger Schichten (Flöz 25—32) Unterer Sand
Untere Bunte	Produktive Cyrenenschichten (Flöz 0—24) Molasse
Echelsbacher Flöz	Schönmühl- oder Johannsrain- Flöze
Bausteinschichten Untere Meeres-Molasse	

**III. Stratigraphie und Faziesentwicklung der Unteren Süßwassermolasse
in der Haushamer und Mariensteiner Mulde****1. Allgemeine Verhältnisse**

In der Haushamer-Mariensteiner Mulde sind nur die beiden tiefsten Glieder der in den nördlicheren Mulden bekannten Schichtfolge zwischen der Unteren und der Oberen Meeresmolasse erhalten. Die jüngsten, im Kern der Mulde bekannten Flöze liegen stratigraphisch noch unter dem Flöz 0 der Penzberger Mulde. Die Fazies der noch vorhandenen Schichten hat sich in dem gleichen Sinne weiterentwickelt, wie es schon aus der Peißenberger und der Nonnenwald-Mulde beschrieben worden ist: die Penzberger Untere Bunte Molasse ist bis auf geringmächtige Reste in die Fazies der brackischen Cyrenenmergel übergegangen.

Der Muldenbau läßt vermuten, daß höhere Teile der Unteren Süßwassermolasse hier nicht oder nur in geringer Mächtigkeit ausgebildet waren. Wären sie in ihrer vollen Mächtigkeit vorhanden gewesen, dann müßten die Mulden tiefer und weiter gespannt sein, um auch für diese Sedimente bei der Faltung noch Raum zu geben. Wahrscheinlich erreichten bei dem Wandern der Molasse-Trogachse nach Norden die jüngeren Sedimente jeweils erst weiter nördlich ihre größte Mächtigkeit, so daß sie im Gebiet der Haushamer Mulde primär geringmächtiger waren. Eventuell früher vorhandene jüngere Sedimente sind abgetragen und heute nicht mehr nachweisbar. Die Lage der Trogachse während

der Sedimentation der verschiedenen stratigraphischen Einheiten der subalpinen Molasse und die davon abhängigen Mächtigkeiten der einzelnen Schichtglieder sind ausführlich bei SCHMIDT-THOMÉ (1955, S. 14 ff. und Tafel 3) dargestellt.

2. Baustein-Schichten und Übergangszone

(Horizont der Philippsflöze)

Die Haushamer Mulde ist das Typusgebiet der von KORSCHULT (1890) beschriebenen Übergangszone. Sie umfaßt die Schichten von dem Beginn der Konglomerate (Bierhäusel-Konglomerat) bis zum Flöz Großkohl. Ihre Mächtigkeit beträgt in den Grubenaufschlüssen (Profil 7 und 8, Beilage 1) ca. 300 m. Die Sedimente stehen faziell den Cyrenen-Schichten nahe, die petrographische Ausbildung der Gesteine ist aber insgesamt sandiger. Sie führen noch plattige, blaugraue und gelbe Sandsteine vom Typ der Bausandsteine und enthalten gelegentlich marine Horizonte. Nach KORSCHULT zeigt sich „gegenüber der Brackwassermolasse eine größere Mächtigkeit der verschiedenen Gesteinsarten und nicht dieser schnelle und unausgesetzte Wechsel oft sehr geringmächtiger Gesteinsschichten“.

Der Mächtigkeit nach entspricht die Haushamer Übergangszone genau den bei St. Johannsrain und Schönmühl in der Penzberger Mulde bekannten Schichten (Profil 5 auf Beilage 1). Während dort jedoch nur in der unteren, 150 m mächtigen Abteilung geringe Kohlenführung auftritt, ist in Hausham die ganze Zone der Übergangsschichten produktiv geworden, die Zahl der Flöze sowie ihre Mächtigkeit hat zugenommen. Die beiden besten Flöze sind in Hausham mit den Namen Philipp I und II belegt. Das Flöz Philipp II liegt ungefähr in der Mitte der Übergangszone und ist stellenweise bauwürdig. Die Kohle ist von hoher Qualität, der Bereich der Bauwürdigkeit ist aber sehr begrenzt.

In der Fortsetzung der Haushamer Mulde nach Westen, der Mariensteiner Mulde, sind die Verhältnisse prinzipiell gleich. Im Gegensatz zu Hausham ist dort nur die Übergangszone bergbaulich aufgeschlossen. Der Mangel an bauwürdigen Flözen in höheren Teilen der Mulde erklärt sich aus der Lage weiter im Westen und dem dadurch bedingten stärkeren Einfluß der sterilen Fazies der Unteren Bunten Molasse. Ebenfalls im Gegensatz zu Hausham sind hier nur die allertiefsten Flöze unmittelbar über dem Bierhäusel- (= Echelsbacher) Konglomerat bauwürdig. Abbaue sind auf den Flözen 2, 3 und 5 umgegangen, derzeit wird nur das Flöz 5 abgebaut. Die Bauwürdigkeit hält innerhalb größerer Bereiche an. Die Haushamer Philippsflöze sowie die Flöze Großkohl und Kleinkohl sind offenbar nur durch unbauwürdige Flözchen vertreten.

3. Cyrenen-Schichten und Untere Bunte Molasse

Die Untere Bunte Molasse des Westens ist in der Haushamer Mulde und der Mariensteiner Mulde weitgehend durch die Cyrenenmergel-Fazies ersetzt. Im Mariensteiner Gebiet besteht offenbar noch der ganze, stratigraphisch der Unteren Bunten Molasse entsprechende Muldenkern aus einer Wechsellagerung von Bunter Molasse und Cyrenenmergeln (GANSS & SCHMIDT-THOMÉ 1955, S. 432). Bauwürdige Flöze sind deshalb hier noch nicht entwickelt.

In Hausham ist die bunte Fazies völlig verschwunden. Ihr Einfluß zeigt sich aber noch darin, daß in der ganzen, ca. 800 m mächtigen Serie von

Cyrenen-Schichten über Flöz Großkohl nur in den untersten 150 Metern bauwürdige Flöze auftreten. Die Hauptflöze selbst, Flöz Großkohl und Flöz Kleinkohl, liegen an der Grenze zwischen der Übergangszone und den eigentlichen Cyrenen-Schichten. 100 m über ihnen folgt Flöz 7 mit ca. 30 cm reiner Kohle, das unter Umständen bauwürdig ist. Weiter im Hangenden werden noch Flöze bis Flöz 24 numeriert. Nach den bisherigen Kenntnissen handelt es sich aber überall um unbauwürdige Flözhorizonte. Weiter nach Osten hebt die Haushamer Mulde aus. Ursprünglich in diesem Gebiet vielleicht ausgebildete bauwürdige Flöze in höheren Teilen der Cyrenen-Schichten sind in den Muldenkernen nicht mehr erhalten.

4. Altersvergleich der Haushamer und der Mariensteiner Flöze

Das unaufgeschlossene Gebiet zwischen den Gruben Hausham und Marienstein ist wesentlich kleiner als das zwischen der Peißenberger und der Nonnenwald-Mulde; auch die Strukturen sind hier einfacher und besser bekannt. Trotzdem ist ein Flözvergleich nicht ohne weiteres möglich. Aufgrund des üblichen raschen Wechsels in Gesteinsfazies und Flözausbildung behalten die Flöze auch auf diese kürzere Distanz keine gleichbleibend charakteristische Ausbildung, die ein Wiedererkennen möglich machen würde. Man muß deshalb auch hier zunächst von petrographisch definierten Leitschichten ausgehen und die dadurch möglichen Fehler in Kauf nehmen. Als Bezugshorizont bietet sich nur die Konglomeratzone an der Hangendgrenze der Baustein-Schichten. Mit der Oberkante des Hauptkonglomerats als Basis möchte ich die drei in Hausham bei 55 m, 61 m und 75 m unter Flöz Philipp I liegenden Flözhorizonte mit den Mariensteiner Flözen 5, 3 und 2 identifizieren (vgl. die Profile 6 und 7, Beilage 1). Sie haben in Hausham noch fast die gleichen Abstände voneinander wie in Marienstein, liegen in gleicher Weise über, auf und unter dem Konglomerat und entsprechen sich in ihrer Kohleführung. Flöz 5 (Marienstein) führt in Hausham immer noch 15 cm Kohle, es handelt sich also um einen ziemlich ausdauernden Flözhorizont.

Die Haushamer Philippsflöze lassen sich nicht in gleicher Weise mit Flözhorizonten in Marienstein identifizieren, da sie bereits innerhalb des Haushamer Grubengebäudes zu bedeutungslosen Flözchen werden. Man kann deshalb in Marienstein (Profil 6, Beilage 1) nur den Bereich angeben, in dem sie auftreten müssen; die Gleichsetzung mit bestimmten Flözen ist nicht möglich. Eine Flözparallelisierung zwischen Hausham und Marienstein wird zur Zeit auch von O. HÖLZL, München, auf paläontologischer Grundlage versucht. Es ist zu hoffen, daß durch seine Untersuchungen die Frage der Flözgleichstellung endgültig gelöst wird.

IV. Bergbaulich nicht mehr aufgeschlossene Bereiche des Reviers: Penzberger Mulde, Miesbacher und Auer Mulde

Die Verhältnisse in der Penzberger Mulde entsprechen nach den Unterlagen der Markscheiderei ziemlich genau denen der Nonnenwald-Mulde. Fazielle Änderungen machen sich zwischen beiden Mulden kaum bemerkbar. Nach Berichten älterer Bergleute waren die Flöze in der Penzberger Mulde schöner und gleichmäßiger ausgebildet als in der Nonnenwald-Mulde. Dies läßt sich so

deuten, daß nur in der südlicheren Penzberger Mulde die für die Flözbildung günstigsten Bedingungen herrschten, während nach Norden bereits ungünstige Faziesverhältnisse einsetzten.

Zwischen den Grubenrevieren von Penzberg und Miesbach geht die Untere Bunte Molasse fast völlig in die Fazies der produktiven Cyrenen-Schichten über. Dadurch werden in der Miesbacher (und Auer) Mulde Flözhorizonte produktiv, die in Penzberg stratigraphisch noch im Fazies-Bereich der Unteren Bunten Molasse liegen. Die eigentlichen Penzberger Flöze sind im Kern der Miesbacher Mulde nicht mehr vorhanden.

Die südlich an die Miesbacher Mulde anschließende Haushamer Mulde enthält die Miesbacher Flöze auch, sie sind dort jedoch nicht bauwürdig. Die Miesbacher Flöze Neumühl, Josef, Johann, Bayern und Karl entsprechen in Hausham den Flözhorizonten im Hangenden von Flöz 7. Eine genaue Parallelisierung war nicht möglich, da nicht mehr genügend Unterlagen aus den stillgelegten Gruben zugänglich waren.

Während in der Haushamer Mulde die Cyrenen-Schichten nur im tiefsten Abschnitt produktiv sind, vollzieht sich nach Norden eine Weiterentwicklung der höheren Teile der brackischen Schichten in Richtung auf optimale Flöz-bildungsverhältnisse. Gleichzeitig scheint sich im Liegenden der Miesbacher Cyrenen-Schichten wieder ein stärkerer Einfluß bunter Fazies zu zeigen, die aber wohl nur eine geringmächtige Einlagerung in den im übrigen brackischen Schichten darstellt. Über Aufschlüsse in den Schichten, welche den produktiven Haushamer Horizonten entsprechen und unter dieser Einlagerung bunter Fazies zu suchen sind, ist mir nichts bekannt geworden. Es ist möglich, daß sich in den tiefsten Teilen der Miesbacher Mulde die Haushamer Flöze bauwürdig wiederfinden lassen. Das Auftreten der Fazies der Unteren Bunten Molasse in Bohrungen im Gebiet der Miesbacher Mulde ist jedenfalls kein Indiz, daß weitere produktive Horizonte nach der Teufe zu nicht mehr zu erwarten wären.

Die Verhältnisse in der Auer Mulde gleichen denen in der Miesbacher Mulde. In letzter Zeit wurden hier größere Aufschluß- und Schurfarbeiten durchgeführt, deren Ergebnis noch nicht zugänglich ist.

V. Schichten- und Flözvergleich im Oberbayerischen Pechkohlenrevier

Die Auffassungen über die stratigraphischen und faziellen Verhältnisse der flözführenden Molasseschichten und die daraus abzuleitenden Folgerungen sind in einzelnen in den vorhergehenden Abschnitten besprochen worden und sind auf den Profilen 1—8 der Beilage 1 dargestellt. Sie sollen auf Abbildung 2 nochmals vereinfacht zusammengefaßt werden, um die stratigraphische Lage der Flöze im gesamten Revier miteinander zu vergleichen.

Nach der bisherigen stratigraphischen Deutung, welche den Unteren und Oberen Sand des Penzberger Grubenbezirks mit den gleichnamigen Schichten des Peißenberger Reviers identifizierte, ließen sich die Peißenberger Flöze 2, 4, 10/11 ungefähr den Penzberger Flözen 32, 26, 24 gleichsetzen. Läßt man die Widersprüche außer acht, die sich dabei für die Faziesentwicklung zwischen Peißenberg und Penzberg ergeben, so ist diese Gleichsetzung einleuchtend. Die Zahl der Flöze und die Mächtigkeit der produktiven Schichten sind in beiden Gruben zudem fast gleich.

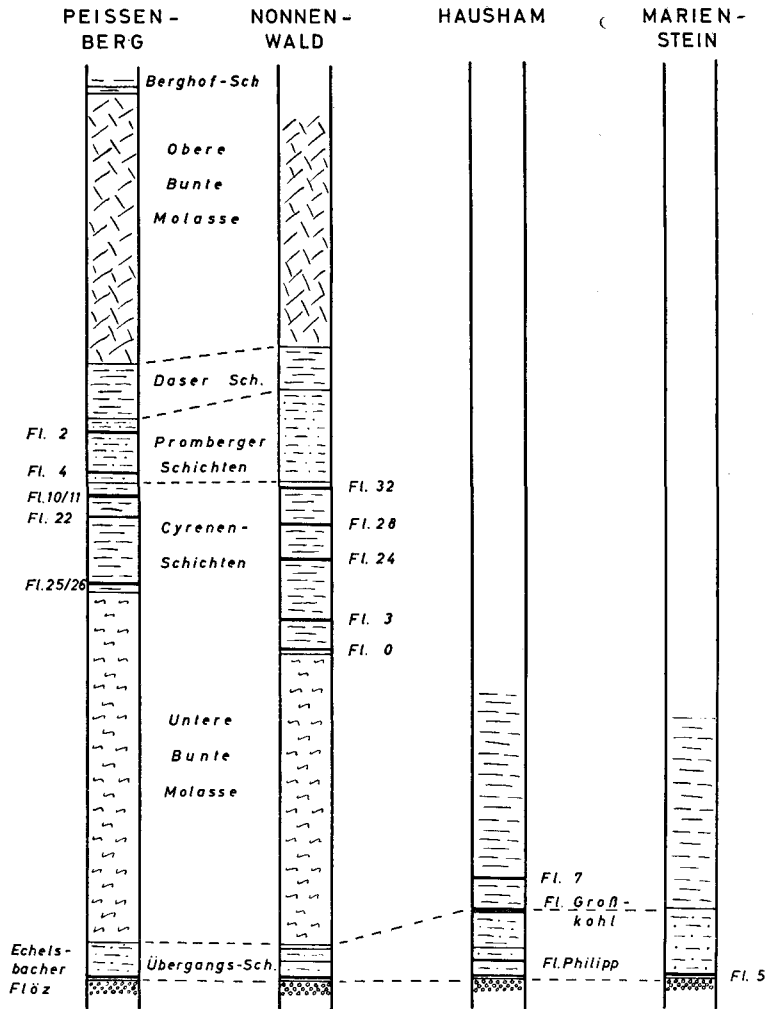


Abb. 2. Schichten- und Flözvergleich im oberbayerischen Pechkohlenrevier.

Für mich waren die Bohrergergebnisse im Peißenberger Ostfeld der Hauptgrund, von dieser Vorstellung abzugehen. Ich kam so zu einem anderen Gleichstellungsversuch (Beilage 5), welcher den Faziesverhältnissen besser entspricht. Eine Parallelisierung von markanten Peißenberger Flözen mit gleichwertigen Flözen der Nonnenwald-Mulde ist allerdings damit nicht mehr möglich. Bei dem raschen Wechsel der Bauwürdigkeit und des Abstands der Flöze ist dies auch nicht erforderlich. Eine formale Identifizierung von Flözhorizonten der beiden Gruben durch Abstandsvergleich zwischen den Flözen ist zwar möglich; es scheint mir aber nicht zweckmäßig zu sein, eine solche Deutung zu fixieren, da sie nicht beweisbar ist und nur eine unter mehreren Möglichkeiten darstellt. Durch Vergleich der Schichtprofile aus den beiden Mulden (Profil 2 und 4, Beilage 1) ist es jederzeit möglich, die zueinander passenden Horizonte zu ermitteln.

In den weiter östlich gelegenen kohleführenden Molassemulden sind die produktiven Horizonte von Peißenberg—Penzberg nicht mehr erhalten. Die dortigen produktiven Cyrenen-Schichten liegen stratigraphisch im Bereich der Unteren Bunten Molasse des westlichen Gebietes. In der Miesbacher und Auer Mulde, welche als Ostfortsetzung der Nonnenwald- und Penzberger Mulden gelten können, entsprechen die höchsten Schichtglieder vermutlich noch den Penzberger Schichten im Bereich der Flöze 3—0. Die eigentlichen produktiven Miesbacher und Auer Flöze liegen jedoch unter dem Penzberger Flöz 0, aber über dem Haushamer Flöz 7. Im tiefsten Teil der Miesbacher Mulde sind möglicherweise auch die Hausham-Mariensteiner Flöze ausgebildet. Sie könnten als Reserve für den Haushamer Bergbau interessant sein.

In der Haushamer Mulde sind die Miesbacher Flöze nicht bauwürdig. Hier liegen die produktiven Flöze im Bereich der Übergangsschichten, unmittelbar im Hangenden der Bausteinzone. Die Flözführung dieser Schichten beginnt bereits in der Rottenbacher (und Peißenberger) Mulde. Das Echelsbacher Flöz (= Krebsbachflöz) der Rottenbacher Mulde ist das tiefste Flöz der Übergangszone. Es läßt sich über die Penzberger Mulde in die Hausham-Mariensteiner Mulde verfolgen und dürfte mit dem Mariensteiner Flöz 5 identisch sein. In der Penzberger Mulde ist die Übergangszone in wesentlich größerer Mächtigkeit brackisch und reichlicher flözführend als in der Rottenbacher Mulde. Durch Vergleich der Schurfprofile bei St. Johannsrain am Südrand der Penzberger Mulde mit den flözführenden Schichten der Haushamer Mulde (Profil 5 und 7, Beilage 1) lassen sich die Horizonte der Haushamer Philippsflöze auch in der Penzberger Mulde als dünne Kohlenlagen wiederfinden. Im Horizont des Großkohl-Flözes findet man in der Penzberger Mulde noch keine Flözbildung.

Beim Vergleich der Profile der Gruben Marienstein und Hausham (Profil 6 und 7, Beilage 1) lassen sich die Mariensteiner Flöze mit den tiefsten Haushamer Flözhorizonten 50—75 m im Liegenden von Flöz Philipp I identifizieren. Die Philippsflöze selbst sind nicht sicher von Hausham nach Marienstein zu verfolgen. Aus dem Horizont des Flözes Großkohl und der höheren Flöze sind in Marienstein keine genauen Unterlagen vorhanden.

C. Kleintektonische Untersuchungen

I. Tektonischer Überblick

Die Zone der gefalteten südbayerischen Molasse gliedert sich tektonisch in wenige Muldenzüge. Ihre Zahl wie auch die Breite des von der Faltung erfaßten Gebietes verringern sich von Westen nach Osten. In gleicher Richtung tritt die Faltenmolasse auch morphologisch mehr und mehr zurück: während im westlichen Allgäu ihre Schichtglieder noch am Bau des eigentlichen Alpenkörpers teilhaben, bildet sie im westlichen und mittleren Oberbayern nur noch untergeordnete, dem eigentlichen Gebirge vorgelagerte Höhenzüge, die weiter nach Osten schließlich ganz ausklingen.

Im Bereich bauwürdiger Flözführung, zwischen Lech und Leitzach, finden sich drei große Muldeneinheiten, welche durch teilweise stark gestörte Antiklinalzonen voneinander getrennt sind. Es sind, von Norden nach Süden:

Peißenberger Mulde — Nonnenwald-Mulde
 Rottenbucher Mulde — Penzberger Mulde
 Murnauer Mulde — Marienstein-Haushamer Mulde

Die Murnauer Mulde enthält auch in ihrem Kern nur Sedimente von der Fazies der Unteren Bunten Molasse. Flözführung ist lediglich aus dem Horizont des Echelsbacher Flözes bekannt geworden; das Flöz ist früher an der Ammer bei Scheibum, nordwestlich von Bad Kohlgrub, am Südrand der Mulde abgebaut worden. Die insgesamt 40 km lange Mulde zeigt im allgemeinen einen regelmäßigen, symmetrischen Bau. Tektonische Einzelheiten waren bisher wegen des Fehlens größerer Aufschlüsse wenig bekannt. Neuerdings hat BRUNNER (1960) durch Analyse von Kluftaufnahmen in den Bausteinschichten gezeigt, daß die Mulde offenbar nach dem Abschluß der Faltung durch zahlreiche Sprünge in Schollen zerlegt worden ist, die außerdem gegeneinander verkippt worden sind.

Östlich des Muldenschlusses ist über die Strukturen der Molasse oder ihres Untergrundes in der Verlängerung der Murnauer Mulde noch nichts bekannt. Südlich von Penzberg sind sie unter der weiten Fläche des Kocheler Moores verborgen, weiter nach Osten springt der Flysch nach Norden vor und verdrängt hier offensichtlich die Molassestrukturen. Erst östlich von Bad Tölz tritt mit der Marienstein-Haushamer Mulde wieder ein tektonisches Element auf, welches strukturell als die Fortsetzung der Murnauer Mulde angesehen werden kann (SCHMIDT-THOMÉ 1955, 1955 a).

Die Marienstein-Haushamer Mulde zeigt einen ähnlich regelmäßigen Bau wie die Murnauer Mulde; lediglich in einem Teil des Südflügels der Haushamer Mulde drückt sich eine stärkere Nordvergenz durch Steilstellung und Überkipfung im höchsten Teil der Mulde aus. Der tiefste Punkt der Mulde liegt etwa beim Muldenschaft der Grube Hausham. Flöz Großkohl liegt dort bei -50 m (unter NN) und 850 m unter der Tagesoberfläche, Flöz Philipp I bei -200 m und 1000 m unter der Tagesoberfläche. Vom Muldenschaft steigt die Muldenachse leicht nach Osten und Westen. Das Umlaufen der Schichten ist in den Flözen Großkohl und Kleinkohl auf mehreren Sohlen aufgeschlossen worden, der regelmäßige Muldenbau ist dadurch gut erkennbar. Größere Querstörungen sind nicht bekannt geworden.

Die Rottenbucher Mulde läßt sich nach Osten ohne Schwierigkeit in die Penzberger und die Miesbacher und Auer Mulde weiterverfolgen. Die Mulden sind im Westen symmetrisch gebaut, nach Osten zeigt sich eine zunehmende Steilstellung des Südflügels. Einzelheiten über ihren Bau sind besonders aus den ehemaligen Pechkohlenbergbauen in der Penzberger und der Miesbacher Mulde bekannt geworden. In der Rottenbucher Mulde hat nur das Echelsbacher Flöz an der Ammer Anlaß zu einem unbedeutenden Stollenbetrieb gegeben. Die Struktur der Mulde ist hier jedoch aus guten Übertageaufschlüssen in den Schluchten der Ammer und ihrer Zuflüsse zu erkennen.

In der nördlichen Muldenzone sind die tektonischen Verhältnisse erheblich komplizierter als in den näher am Alpenrand gelegenen Rottenbuch-Penzberger und Murnau-Haushamer Mulden. Die Peißenberger Mulde ist innerhalb des durch den Bergbau bekannten Bereiches im Norden und Süden von einer kräftigen Überschiebung begrenzt. Durch die südliche, die Rottenbucher Überschiebung, ist der Muldensüdflügel fast völlig abgeschnitten und teilweise

zu einer schmalen Scholle flach-muldenförmig gelagerter Schichten hochgehoben worden. Die tektonischen Verhältnisse dieser sogenannten Ammer-Scholle sind von SCHMIDT-THOMÉ (1955, S. 416 f.) und GILLITZER (1955) beschrieben worden. Die Überschiebungszonen fallen mit etwa 50° nach Süden ein. Die Rottenbucher Überschiebung erreicht einen Überschiebungsbetrag von 1200 m, die ihr zugehörige Ammer-Überschiebung, welche die Ammer-Scholle im Norden begrenzt, erreicht nochmals 600 m.

Die Peißenberger Überschiebung im Norden der Mulde, die gleichzeitig die Randstörung gegen die ungefaltete Vorlandmolasse bildet, ist offenbar aus einer Sattelstruktur hervorgegangen. Das sattelförmige Umbiegen der Schichten ist noch aus den Plänen der alten, am höchsten gelegenen Flözabbau zu erkennen. Die Überschiebung läuft dem Schichtstreichen genau parallel. Von dem ost-westlichen Generalstreichen der Faltenmolasse abweichend springt sie bogenförmig nach Norden vor und erreicht zwischen den Querschlägen m 2 und m 3 (Bezeichnungen der Markscheiderei Peißenberg) ihren nördlichsten Punkt. Gleichzeitig nimmt hier der Überschiebungsbetrag bis auf 2000 m zu. Die Erhebung des Hohen Peißenbergs markiert diese Stelle weithin sichtbar, allerdings etwas übertrieben durch die gerade hier besonders große Mächtigkeit der Konglomerate der Oberen Süßwassermolasse. Von hier nimmt im Streichen nach Osten wie nach Westen der Überschiebungsbetrag ab, schließlich stellt sich ein stark gestörter Sattel ein. SCHMIDT-THOMÉ (1954 a, 1954 b, 1955, 1955 a) hat mehrfach dargelegt, daß die Überschiebung außerhalb des bergbaulich aufgeschlossenen Bereichs überhaupt ausklingen dürfte und daß in diesem Falle die südlichere Rottenbucher Überschiebung die Rolle der Randstörung gegen die ungefaltete Molasse übernimmt. Diese Auffassung hat sich durch die zahlreichen Schürf- und Bohrarbeiten der jüngsten Zeit bestätigt.

Das Vorspringen der Überschiebung nach Norden bei gleichzeitiger Zunahme des Überschiebungsbetrags führte zu Spannungen im Gestein, welche die Ursache der verschiedenen, im Peißenberger Grubenfeld bekannten Störungen und Sprünge bildeten. Die bedeutendste dieser Störungen ist die Sulzer Querstörung auf der Ostflanke des Überschiebungsbogens, welche den Ostteil des Grubenfeldes um etwa 800 m gegenüber dem Westteil absenkt. Die Bühlach- und Weidenschorn-Störungen sind, funktionell gesehen, das Äquivalent der Sulzer Querstörung auf der Westflanke des Überschiebungsbogens. Dazu treten eine Reihe untergeordneter Störungen, die sich auf die gleiche Ursache zurückführen lassen. Die Entstehungszeit aller dieser Störungen dürfte am Ende der eigentlichen Faltung liegen. Diese Vermutung wird unterstützt durch die Tatsache, daß sich der Inkohlungsgrad nach dem Entstehen der Störungen nicht mehr wesentlich geändert hat: Proben aus Flöz 10/11 aus der 8. Sohle östlich der Sulzer Querstörung zeigen den gleichen Gehalt an hygroskopischer Feuchtigkeit und an Bergfeuchtigkeit wie Proben aus dem gleichen Flöz, westlich der Querstörung, über der 5. Sohle, was ungefähr dem Absenkungsbetrag der Sulzer Querstörung entspricht. Demgegenüber zeigt das Inkohlungsbild in der Peißenberger Mulde, daß die Inkohlung durch die Faltung selbst noch beeinflusst worden ist.

Die Peißenberger Mulde hat nach Osten vermutlich keine unmittelbare Fortsetzung. Die Nonnenwald-Mulde bildet zwar ihr östliches Äquivalent, ist jedoch wohl eine selbständige Mulde. Ihr Bau zeigt gewisse Parallelen zur

Peißenberger Mulde: Der Muldensüdflügel ist erheblich gestört und steilgestellt, es fehlt jedoch eine nennenswerte Überschiebung zwischen der Nonnenwald- und der Penzberger Mulde. Die Begrenzung im Norden bildet wie in Peißenberg eine Überschiebung gegen die ungefaltete Vorlandmolasse mit Überschiebungsbeträgen bis 1500 m. Querstörungen von gleichem Ausmaß wie in der Peißenberger Mulde sind hier nicht bekannt. Weiter nach Osten behält diese nördliche Muldenzone noch über eine gewisse Strecke ihren selbständigen Charakter, doch schließt sie sich vermutlich in der Miesbacher Mulde mit der mittleren — Penzberger — Muldenzone zusammen.

II. Kleintektonik in der Peißenberger Überschiebung

Die Überschiebungs- und Störungszonen in den Antiklinalen zwischen den einzelnen Muldenzügen der Faltenmolasse sind über Tage nur sehr selten aufgeschlossen. Die wenigen Aufschlüsse, wie sie sich z. B. in der Antiklinalzone zwischen der Murnauer und der Rottenbacher Mulde in der Ammerschlucht bei Echelsbach finden, erlauben keine feintektonischen Aufnahmen. Unter Tage wurden solche Störungszonen beim Vortrieb von Querschlägen verschiedentlich aufgefahren. Verständlicherweise hat man diese Aufschlüsse wegen der Gefahr von Verbrüchen möglichst schnell wieder verbaut, so daß Beobachtungen meist nicht möglich sind.

Beim Abteufen des Hauptschachts der Grube Peißenberg zur 8. Sohle war ein Teil der Peißenberger Überschiebung vorübergehend zugänglich. Das Gestein (Mergel der Cyrenen-Schichten und der Unteren Bunten Molasse) zeigt sich dort völlig mylonitisiert und zerfällt in kleine, spiegelblanke Lamellen. Relikte des ursprünglichen Gesteinsverbandes sind nicht mehr vorhanden. Das zertrümmerte Gestein ist in ein sehr deutlich ausgeprägtes Scherkluftsystem eingeregelt. Beide Flächenscharen des Systems sind gleichwertig entwickelt. Beim Anschlagen mit dem Hammer zerfällt der Mylonit in rhombische Scherkörper, welche von den genannten Scherflächen begrenzt sind. Einzelne, noch intakte und bis kubikmetergroße Sandsteinblöcke sind mit ihren Kanten in die Scherflächen eingeordnet. Die Einmessung der Scherflächen war an dieser Stelle nicht möglich.

Im Querschlag 6 m 2 ist kurz vor dem nördlichen Ende eine Mylonitzone von etwa 10 m Breite aufgeschlossen und erlaubt eingehendere Beobachtungen. Die Überschiebungszone ist im Gefolge der Peißenberger Überschiebung entstanden und verläuft etwa 40 m südlich parallel zu ihr. Das zerscherte Gestein zeigt die selben Erscheinungen wie sie oben aus dem Hauptschacht Peißenberg beschrieben sind. Streichen und Fallen der Zone betragen an dieser Stelle $75^{\circ}/55^{\circ}$ S, Streichen und Fallen der Schichten im Liegenden $90^{\circ}/70^{\circ}$ S, im Hangenden $90^{\circ}/50^{\circ}$ S. Aus dem Mylonit lassen sich rhombenförmige Scherkörper herauslösen (Abb. 4). Die Kanten der im Mylonit stehenbleibenden Keile, also die Schnittkanten der Scherflächen, sind schwach nach Westen geneigt. Die Scherflächen sind meist mit Kalzit verkleidet und tragen immer schöne Harnische. Ihre Striemung zeigt, daß an jeder Fläche der beiden Flächenscharen der hangende Teil gegen den liegenden nach oben bewegt worden ist (Abb. 4). Das Gefüge des Mylonits zeigt also das Bild einer Plättung oder „zweischarigen affinen Zergleitung“ (SANDER). Die Abb. 4 und 5 geben die Lage der Zone

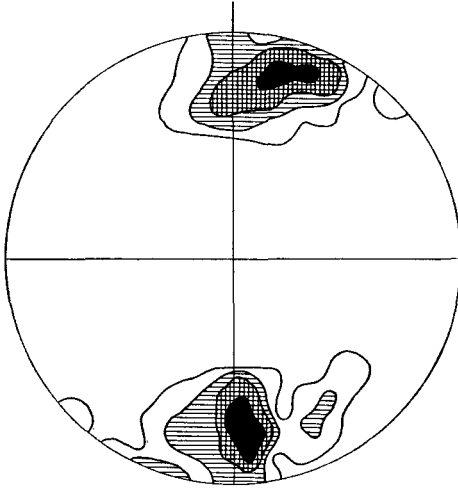


Abb. 3. Grube Peißenberg, Querschlag 6 m 2, Überschiebungszone bei 693—700 m; 80 Pole, über -10% , $6-10\%$, $4-6\%$, $0-4\%$.

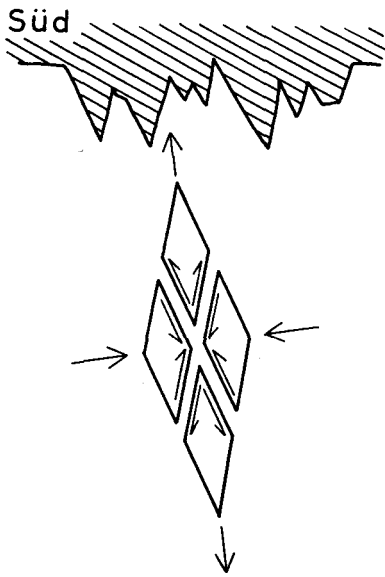


Abb. 4. Scherkörper und Ausgleichsbewegungen in der Überschiebungszone im Querschlag 6 m 2. Vertikalschnitt.

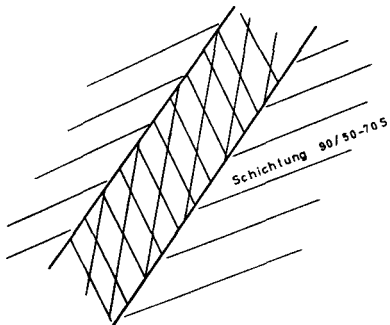


Abb. 5. Lage der Überschiebungszone in der Schichtung. Vertikalprofil.

wieder und in ihr die Lage der Scherflächen sowie die Form und Lage der Scherkörper mit den Relativbewegungen, wie sie sich aus den Harnischen auf den Scherflächen ergeben.

Die Lage der Scherflächen konnte in dieser Überschiebungszone eingemessen werden, ihre Flächenpole sind auf dem Diagramm Abb. 3 (Projektion in die untere Hälfte der Lagenkugel) dargestellt. Aus dem Diagramm geht die scharfe Regelung des Mylonits und auch das Einfallen der Scherachse nach Westen hervor.

Leider waren an keiner anderen Stelle ähnliche Beobachtungen möglich. Es wäre interessant und erfolversprechend, wenn bei den zukünftigen Aufschlußarbeiten in den Pechkohlenruben weitere Untersuchungen über den Mechanismus dieser Überschiebungen und Störungen möglich würden.

III. Kleintektonik in den Flözen

1. Deformationen und Massenverlagerungen im Gefolge von schichtparallelen Bewegungen

In allen Flözen lassen sich Spuren von schichtparallelen Bewegungsvorgängen beobachten. Bei der Betrachtung der Sedimentfolge der Cyrenen-Schichten im Querschlagsprofil zeigt es sich, daß solche Bewegungen fast ausschließlich an das Auftreten von Flözen oder dünnen Kohlenlagen geknüpft sind; diese bilden im Gesteinsverband Inhomogenitätszonen, welche Ausweichbewegungen unter der Wirkung des Faltungsdrucks am wenigsten Widerstand entgegengesetzten. Als Bewegungshorizont hat offenbar vor allem die Grenze zwischen Kohle und Mergel gedient, besonders häufig scheinen sich Bewegungen in den Flözen an Bergemitteln abgespielt zu haben. Untergeordnet finden sich Bewegungsspuren auf Schichtflächen innerhalb der Kohle.

Schichtparallele Gleitungen senkrecht zur Streichrichtung haben glänzende Kohlenpiegel auf Schichtflächen innerhalb der Flöze und glänzende, oft unebene Harnischflächen an der Hangend- und Liegendgrenze der Kohle hervorgerufen. Die Harnischflächen tragen eine deutliche Striemung in Richtung der Ausweichbewegung parallel zum Faltungsdruck. Daneben ist öfter eine ebenso deutliche Striemung parallel zur Streichrichtung und senkrecht zum Faltungsdruck zu beobachten, offenbar hervorgerufen durch Ausweichbewegungen in Richtung der Faltenachse. Die Harnischflächen sind in diesen Fällen mit einem feinen, rechtwinkligen Gitterwerk von Bewegungsspuren bedeckt.

Auf den Gleitflächen finden sich heute Lagen zerriebenen und mit Kohle vermengten Mergels. Gestein und Kohle sind völlig zu flachen, glänzenden Schuppen zerschert. Diese Lagen werden von den Bergleuten „Letten“ genannt und sind unter diesem Namen auch in den Schichtenprofilen verzeichnet. Die „Letten“ bildeten sich nur auf dünnen kohligen Schichten im Nebengestein und auf geringmächtigen, mergelig-tonigen Einlagerungen im Flöz. Mergelige Bergemittel von über etwa 10 cm Mächtigkeit blieben unversehrt erhalten, Gleitungen spielten sich in diesem Falle an ihren Rändern ab. Die Pechkohle, der Stinkstein und die Gesteine im Hangenden und Liegenden verhielten sich bei diesen Bewegungen offenbar starr. Darauf deutet auch die unversehrte Feinschichtung im Mergel und in der Kohle hin.

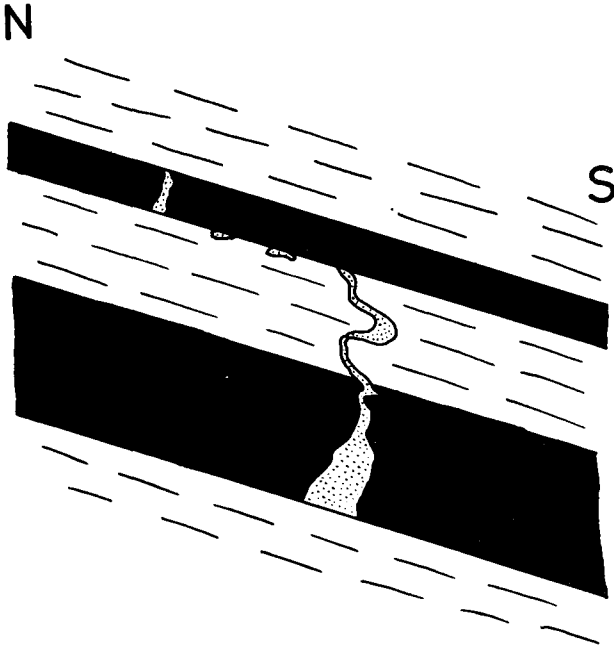


Abb. 6. Bei der Faltung zerscherzte sandnerfüllte Spalte in Flöz 17 der Grube Peißenberg.

Der Betrag solcher schichtparalleler Verschiebungen war im Flöz 17 der Grube Peißenberg (Querschlag 1 Ost, 5. Sohle, Streb b^o) zu erfassen. Im Flöz fanden sich sandsteinerfüllte Spalten, von den Bergleuten „Feuermuggel“ genannt. Die Spalten waren bis 15 cm breit, standen senkrecht zur Schichtfläche und liefen in nicht näher verfolgbarer Weise schräg zum Schichtstreichen. Einige hörten am Hangenden und Liegenden noch in der Kohle auf und zeichneten sich nur als Rinnen im Nebengestein ab, manche reichten aus dem Flöz ins Hangende und Liegende, wurden hier dünner und zeigten Scherfaltung mit teilweise abgewürgten Schenkeln (vgl. Abb. 6), wieder andere waren vom Hangenden und Liegenden durch die Kohle getrennt und bildeten rundliche oder langgestreckte Körper innerhalb des Flözes. Ihre Begrenzung war oft unregelmäßig; Sandstein und Kohle zeigten keine äußerlich erkennbaren Spuren rupturer Deformation.

In dem Beispiel, welches auf Abb. 6 wiedergegeben ist, war zu beobachten, wie eine solche Spalte aus dem Flöz in das darüberliegende Bergemittel reichte und dort durch Schervorgänge gefaltet und gequetscht worden war. An der Basis der Oberbank des Flözes fanden sich über eine Strecke von 80 cm nach Norden abgequetschte Sandsteinfetzen, dann setzte sich die Spalte in die Oberbank des Flözes fort. Damit ergibt sich hier ein Verschiebungsbetrag von 80 cm zwischen Mittel- und Oberbank des Flözes.

Über die Herkunft des Sandsteins in den Spalten waren keine Beobachtungen möglich. Er gleicht einem Sandstein etwa 2 m im Liegenden des Flözes. Es wäre denkbar, daß zu einem frühen Zeitpunkt der Faltung, vor der Verfestigung des Gesteins, Spalten ins Liegende aufgerissen waren, auf denen der Sandstein in plastischem Zustand in die Spalte und die ebenfalls plastische Kohle eindrang.

Bei einem späteren Akt der Faltung wurde er zerschert, gequetscht und „schichtparallel verworfen“.

Bei diesen überall zu beobachtenden schichtparallelen Gleitungen handelt es sich um einfache Verschiebungen der einzelnen Schichtpakete gegeneinander; die verschobenen Einheiten blieben starr, innerhalb ihrer Grenzen erfolgte kein Materialtransport. Daneben stehen außergewöhnliche Massenbewegungen innerhalb der Flöze, die ebenfalls auf schichtparallele Gleitungen zurückgehen. Sie konnten in den Flözen 10/11 und 14 der Grube Peißenberg und in Flöz Großkohl der Grube Hausham beobachtet werden.

Ober- und Unterbank des Flözes 10/11 werden durch ein Bergemittel von geringer Mächtigkeit getrennt. Östlich des Querschlags m 2 handelt es sich nur um eine Lage von wenigen cm Mächtigkeit, die überall völlig verschiefert ist, also schichtparallelen Gleitungen als Bahn gedient hat. Auch die Flözteile in unmittelbarer Nachbarschaft des Bergemittels scheinen primär unreiner und damit weicher gewesen zu sein, sie sind deshalb teilweise mit verschiefert. Diese Trennschicht zwischen den beiden reinen Bänken des Flözes, der sogenannte „Schram“, ist etwa 20—30 cm mächtig und besonders leicht beim Abbau hereinzugewinnen.

Westlich des Querschlags m 2 nimmt das Bergemittel an Mächtigkeit zu, ist daher nicht mehr verschiefert und scheint äußerlich von tektonischen Einflüssen unberührt zu sein. Beim Abbau des Flözes 10/11 zwischen den Querschlägen m 2 und w 0 stieß man jedoch immer wieder auf Bereiche, in denen das Bergemittel über kurze Distanz zu außergewöhnlicher Dicke answoll. Stellenweise erreichte es 3 m Mächtigkeit, komplizierte den Abbau oder machte ihn teilweise unmöglich. Gelegentlich wurde die Ansicht vertreten, es handle sich hier um die Ausfüllungen von ehemaligen Flußläufen. Bei der Befahrung der Strecken und Strebe konnte ich jedoch nirgends Anzeichen von Erosion oder anderen, durch fließendes Wasser hervorgerufenen Erscheinungen beobachten. Ober- wie Unterbank des Flözes waren vielmehr unversehrt und änderten sich weder in ihrer Mächtigkeit noch in ihrer Zusammensetzung. Sie entfernten sich lediglich mehr oder weniger voneinander, um dem Bergemittel Raum zu geben. Dieses wiederum machte einen durchaus kompakten, festen Eindruck, Bewegungsspuren waren nicht zu beobachten. Das Gestein zeigte lediglich eine Klüftung an großen Flächen, die weder so häufig noch so im Raum orientiert waren, daß an ihnen ein Transport des Gesteins hätte erfolgen können.

Die Flözstrukturkarte der Markscheiderei Peißenberg, die aufgrund der inzwischen aufgenommenen ausgedehnten Aufschlüsse in Flöz 10/11 zusammengestellt worden ist, bietet die Möglichkeit, Lage und Gestalt dieser „Schieferzonen“ = Zonen ungewöhnlicher Mächtigkeit des Bergemittels näher zu untersuchen. Die Karte auf Beilage 6 stellt die Verhältnisse dar: Während die Mächtigkeit des „Schiefers“ in dem ganzen Gebiet zwischen den Querschlägen m 2 und w 0 im Allgemeinen unter 50 cm bleibt, ist der Mergel in schmalen, langgestreckten Zonen plötzlich zu sehr großer Mächtigkeit angehäuft. Diese Wülste liegen entweder parallel zum Streichen oder kreuzen es unter 45°. Die Art ihres Auftretens, ihre Lage zum Schichtstreichen und die übrigen Beobachtungen in diesem Gebiet lassen nur eine tektonische Deutung ihrer Entstehung zu.

Bei der Stoffbewegung, die zu diesen Gesteinsanhäufungen geführt hat, war die Diagenese offenbar noch nicht abgeschlossen, denn der Mergel in diesen

„Schieferzonen“ ist heute unversehrt. Die Bewegung ist durch gerichtete tektonische Spannungen verursacht worden, welche das Sediment mobilisierten und zum schichtparallelen Wandern veranlaßten. Da im Gestein später nochmals Klüfte entstanden und vermutlich gleichzeitig schichtparallele Bewegungen klastische Deformationen verursachten, muß die Stoffwanderung, die zur Bildung der „Schieferzonen“ führte, zu einem früheren Zeitpunkt der tektonischen Beanspruchung erfolgt sein. Die Lage dieser frühtektonisch entstandenen Gebilde zeigt, daß die Richtung der tektonischen Spannungen am Beginn der Faltung die gleiche war wie an ihrem Ende.

In der Kohle sind Stoffbewegungen im plastischen Zustand in solchem Ausmaß nicht beobachtet worden. Untersuchungen von WEITHOFER (1920) in Penzberg und PETRASCHECK (1940) in Hausham und Penzberg zeigen aber, daß auch hier Bewegungen stattgefunden haben, deren Spuren äußerlich völlig verheilt und verschwunden sind. Bei einem Teil dieser Erscheinungen mag es sich um subaquatische Rutschungen handeln. PETRASCHECK (1940) beschreibt jedoch Internfalten und Mikrofältchen aus Flöz 22, Grube Penzberg, die tektonischer Entstehung sein sollen. Ich selbst konnte an dünnen Stinksteineinlagerungen in den Flözen 23 und 28, Grube Penzberg, in noch plastischem Zustand eingetretene Deformationen beobachten, die teilweise wohl auf subaquatische Rutschungen zurückgehen, in einzelnen Fällen aber offensichtlich tektonisch verursacht worden sind.

Während also Massenverlagerungen im plastischen Zustand in der Kohle nur geringes Ausmaß erreichen, kam es stellenweise zu weit bedeutenderen Deformationen, Gleitungen und Stauchungen klastischer Art. In der Grube Peißenberg entstanden so die sogenannten „Verdrückungszonen“ in Flöz 14. Es sind Zonen, in denen die Flözmächtigkeit durch tektonische Einwirkung auf weniger als 30 cm reduziert ist, ja manchmal bis auf 10 cm abnimmt. Die Kohle ist in den Verdrückungszonen verschiefert und zerquetscht, auch das Hangende und Liegende zeigt starke Wellung, Druckbeanspruchung und Harnischbildung. Daneben findet man stellenweise geringe Mächtigkeitszunahmen im Flöz durch Aufschuppung der Kohle. Sie wird besonders deutlich an den dachziegelartig übereinandergeschobenen Stinksteinbändern im Hangenden.

In extremem Ausmaße zeigen sich solche Ausquetschungen und Aufschuppungen der Kohle im Flöz Großkohl der Grube Hausham. Auch das Bergemittel war dort ähnlichen Vorgängen unterworfen. In einem Streb des Muldensüdflügels, nahe dem Muldenboden, konnte ich folgende Beobachtungen machen (Abb. 7): Das Flöz bleibt zunächst auf eine Strecke von etwa 80 m normal gelagert, die Kohle zeigt keine auffällige Schichtenbildung, die Feinschichtung ist ungestört. Nach dieser Zone normaler Lagerungsverhältnisse nimmt die Kohle unvermittelt auf über 2 m Mächtigkeit zu. Liegendes und Hangendes scheinen sich auszubauchen, das gesamte Flöz ist an etwa 30° nach Süden fallenden Flächen übereinandergeschuppt. Die noch einigermaßen intakten Stinksteinbänder vermitteln den Eindruck, als sei das Flöz einfach zerhackt und schräg übereinandergestapelt worden.

Die Lage der Bewegungsflächen in dieser Stauchungszone konnte in einem Kluftdiagramm dargestellt werden (Diagramm 6, Abb. 13). Die Verschuppung ist demnach an zwei verschiedenen, deutlich ausgeprägten Flächensystemen erfolgt. Das Hauptsystem besteht aus einer Schar ost-west streichender, mit 34° nach Süden fallender Auf- oder Unterschiebungsflächen.

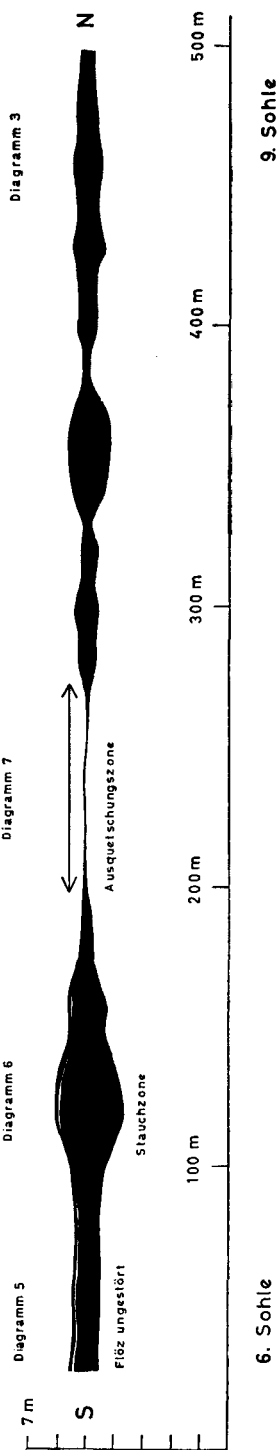


Abb. 7. Tektonische Flözstaudungen im Flöz Großkohl Querschlag 2 West der Grube Hausham.

Zu der Flächenschar gehört in der Kohle keine Gegenschär, sie bildet hier also ein einschariges Kluftsystem. Daneben tritt ein Scherflächensystem auf mit den Flächen $176^{\circ}/60^{\circ}$ E und $176^{\circ}/50^{\circ}$ W. Dieses System tritt auch in der normal gelagerten Kohle auf und deutet, wie später dargelegt wird, auf eine Entstehung der Stauchung im Anfangsstadium der Faltung. Die aufgerichteten und abgerissenen Kohlenlagen zeigen Reste der Längs- und Querklüfte. Diese sind mit der Kohle verstellt worden und somit älter als die Scherklüfte. (Längs- und Querklüfte wurden bei der Aufnahme des Diagramms nicht mit aufgenommen). Die beiden Systeme von Bewegungsflächen treten nicht gleichzeitig in gleicher Bedeutung auf, es herrscht vielmehr jeweils entweder das Aufschiebungs- oder das Schersystem vor. Das Verhältnis zwischen beiden wechselt mehrmals innerhalb der Stauchungszone.

Nach dieser Flözverdickung folgt eine Strecke starker Flözreduzierung. Die Kohle nimmt zunächst auf 30 cm ab, wird mehr und mehr mylonitisch und verschwindet schließlich völlig bis auf eine 5 cm mächtige Lage schiefrigen „Lettens“. Offenbar stammt aus diesem Gebiet die Kohle, die in der südlich daran anschließenden Stauchzone angehäuft ist. Die Kohle muß also von Norden nach Süden bewegt und an südfallenden Bewegungsflächen durch Unterschiebung zusammengestaucht worden sein.

Das sonst geringmächtige Bergemittel des Flözes nimmt offenbar in dieser Ausquetschungszone ebenfalls aus tektonischer Ursache große Mächtigkeit an und muß bis zu einer dünnen, hangenden Kohlenlage abgebaut werden. Das Diagramm 7, Abb. 14, zeigt die Lage der Bewegungsflächen in diesem Mergel. Die bevorzugt auftretenden Flächen $10^{\circ}/60^{\circ}$ E und $8^{\circ}/65^{\circ}$ W gehören zu dem Scherflächensystem, welches auch in der Kohle ausgebildet ist. Dazu tritt eine Schar von nordfallenden Auf- oder Unterschiebungsflächen $102^{\circ}/58^{\circ}$ N, welche man als Gegenflächen zu der Schar von Unterschiebungsflächen in der Kohle auffassen kann. Welcher Art die Bewegungen an diesen Flächen waren, konnte nicht geklärt werden.

Ähnliche Flözverdickungen und -vertaubungen wiederholen sich in dem Streb bis zum Muldenboden mehrmals, am Muldenboden selbst herrschen wieder ungestörte Verhältnisse. Über den Verlauf der Stauchungs- und Ausquetschungszone waren keine Beobachtungen möglich; er geht auch nicht aus den Flözgrundrissen hervor.

2. Kluft-(Schlechten-)Tektonik

Die Großstrukturen in der Faltenmolasse sind heute, besonders durch die Aufschluß- und Untersuchungsarbeiten des Bergbaus und der Ölindustrie, weitgehend geklärt. Neuere Darstellungen der Ergebnisse finden sich u. a. bei SCHMIDT-THOMÉ (1955), GILLITZER (1955), BREYER (1960). Über die Kleintektonik in der subalpinen Molasse liegen dagegen noch wenig Beobachtungen vor. WEITHOFER (1920) und PETRASHECK (1940) haben erstmals Kleinfaltungen in der Pechkohle beschrieben; über die Klufttektonik im Gestein und in der Kohle ist bisher nichts bekannt geworden.

Da die Pechkohle eine ausgeprägte Schlechtenbildung zeigt, schien es lohnend, in den Flözen Kluftmessungen vorzunehmen. Wegen der Begrenztheit der zugänglichen Aufschlüsse war es jedoch nicht möglich, genügend Material aus den verschiedenen Mulden zusammenzutragen, um das kleintektonische Gefüge in der Pechkohle völlig zu erfassen und eine Analyse des Faltungsvorgangs durchzuführen. Die mitgeteilten Beobachtungen und Ergebnisse stellen so erst einen Beginn kleintektonischer Untersuchungen in der Faltenmolasse dar. Da durch den Bergbau ständig neue Aufschlüsse geschaffen werden, bleibt die Gelegenheit für weitere Untersuchungen. Manche Teile der Lagerstätten, wie z. B. die Flöze

in den steilen Muldenflügeln, sind allerdings schon völlig abgebaut und werden nicht mehr zugänglich werden. Sie wären für die weitere Klärung der Zusammenhänge zwischen Kleintektonik und Faltung wichtig gewesen.

Bei den nachfolgend beschriebenen Kluftdiagrammen aus den Flözen sind jeweils Messungen aus einem 100—200 m langen Streb in einem Diagramm vereinigt. Die meisten Diagramme stammen aus Streben mit Holzausbau, so daß Störungen der Magnetnadel ausgeschlossen sind. Eine Korrektur der Deklination (2° W) erfolgte nicht, die Diagramme sind nach magnetisch Nord orientiert. Die Projektion erfolgte in allen Fällen in die untere Hälfte der Lagenkugel. Das Zeichen \oplus bezeichnet in den Diagrammen die Lage des Poles der Schichtflächen. Angaben von Streichen und Fallen beziehen sich auf die Schwerpunkte der Kluftmaxima. Alle Flächen, die in der gleichen Richtung streichen und fallen und gleichzeitig entstanden sind, werden als Kluftschär zusammengefaßt. Ein Kluftsystem besteht aus meist zwei, genetisch zueinandergehörigen Scharen.

In den Kohlenstreben der Gruben Peißenberg/Peiting, Penzberg und Hausham wurden insgesamt 25 Kluftdiagramme aufgenommen, von denen 12 als typische Beispiele auf den Abb. 8—19 wiedergegeben sind. In den Diagrammen lassen sich drei Systeme von Klüften unterscheiden; ein viertes Kluftsystem konnte außerdem im Flöz Großkohl der Haushamer Mulde festgestellt werden, wo es im Zusammenhang mit den bereits beschriebenen Stauchvorgängen in diesem Flöz in Erscheinung tritt. Die Kluftsysteme sind offenbar zeitlich und genetisch voneinander verschieden und gehören zu zwei Phasen der Faltung. In manchen Aufschlüssen sind nur Klüfte eines einzigen Systems zu beobachten, meist treten aber Flächen verschiedener Systeme gleichzeitig auf. In diesem Falle herrscht gewöhnlich ein Kluftsystem vor, manchmal sind jedoch alle Klüfte gleichwertig ausgebildet. Ob dabei Gesetzmäßigkeit eine Rolle spielen, konnte nicht geklärt werden.

Am weitesten verbreitet und in den meisten Fällen auch vorherrschend ist ein System von Quer- und Längsklüften (ac- und bc-Klüften). In besonders vollkommener Ausbildung war dieses System in einem Streb in Flöz 10/11 der Grube Peißenberg zu beobachten (Diagramm 1, Abb. 8):

Eine Kluftrichtung $5^\circ/85^\circ$ W dominiert. Die Flächen streuen nur wenig um diesen Mittelwert, auf das Maximum des Diagramms entfallen über 30 % der Flächenpole. Die Klüftung ist am stärksten in der Glanzkohle ausgeprägt, sie ist auf engstem Raum von zahlreichen Klüften in oft nur Millimeter dicke Blättchen zerspalten. Gelegentlich treten auf diesen Querklüften „Augen“ auf (zu der Entstehung der Augen vgl. STACH 1926), in seltenen Fällen verdrängen die Augen der Klüftung. Das Auftreten von Augen konnte nur auf den Querklüften beobachtet werden. Die Kluftflächen sind völlig glatt, eben und ohne Bewegungsspuren. Häufig findet sich ein dünner Belag von Kalzit. In den unreinen Kohlenlagen und noch mehr im Stinkstein rücken die Klüfte weiter auseinander, reichen dafür aber über größere Entfernung. Kohle und Stinkstein lösen sich beim Abbau vor allem nach diesen Flächen aus dem Flöz und brechen in flachen, länglichen Stücken in den Streb herein. Diese Stücke werden bei der „Stinksteinkohle“ im hangenden Teil des Flözes über einen Meter lang.

Senkrecht auf dieser Hauptschar der Querklüfte (ac-Klüfte) steht eine weniger deutlich und häufig ausgebildete Gegenschär von Längsklüften (bc-Klüften) mit einem Maximum bei $90^\circ/65^\circ$ N. Die Flächen sind unregelmäßig ausgebildet und brechen nicht so glatt, vor allem deswegen, weil sie von den sehr eng stehenden ac-Klüften zerschnitten werden.

Trotz der intensiven Klüftung ist die Kohle völlig regelmäßig gelagert. Bewegungen oder Versetzungen sind weder an den Klüften noch sonst in der Kohle zu beobachten. Lediglich an der Liegend- und Hangendgrenze des Flözes findet man Spuren schichtparalleler Gleitung.

Quer- und Längsklüfte stehen immer senkrecht zur Schichtfläche und senkrecht und parallel zum Schichtstreichen. Wie sich innerhalb der Grube Peißenberg/Peiting gut verfolgen ließ, folgen sie jeder Änderung im Streichen der

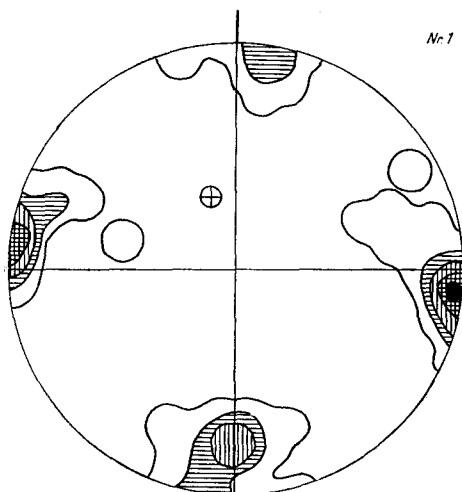


Abb. 8. Grube Peiting, Querschlag 6 m 2, Flöz 10/11 b⁴; 100 Pole, über 30 ‰, 20—30 ‰, 10—20 ‰, 5—10 ‰, 0—5 ‰.

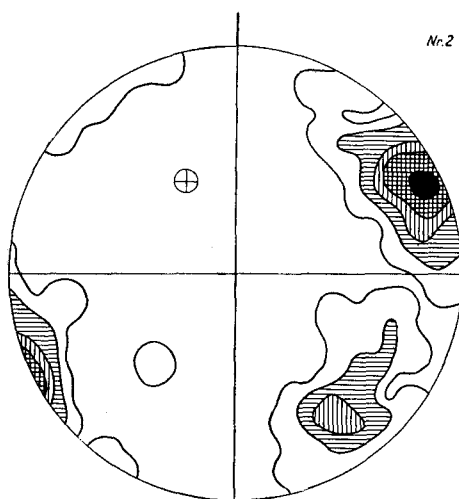


Abb. 9. Grube Peiting, Querschlag 5 w 3, Flöz 2 a⁰—a⁴; 113 Pole, über 20 ‰, 10—20 ‰, 6—10 ‰, 3—6 ‰, 0—3 ‰.

Schichtung. So zeigt das Diagramm 2 (Abb. 9) welches am Westende des Peitinger Grubenreviers in Flöz 2 aufgenommen wurde, die Klüftmaxima der ac- und bc-Klüfte bei $165^{\circ}/80^{\circ}$ SW und $55^{\circ}/65^{\circ}$ NW. Dies entspricht dem hier, auf der Westflanke des Peißenberger Überschiebungsbogens, herrschenden südwestlichen Schichtstreichen.

Die ac-Klüfte erscheinen auch in der Mehrzahl der übrigen Diagramme, in Diagramm 4 und 5 gleichwertig mit einem Scherklufsystem (Okl-Klufsystem), in den Diagrammen 8, 9 und 10 neben diagonalen Klufscharen.

Genetisch sind die Quer- und Längsklüfte als Zerr- und Dehnungsklüfte anzusprechen, die am Beginn der tektonischen Beanspruchung bei söhlicher Schichtlagerung entstanden sind. Bei der folgenden Faltung wurden die Flächen aus ihrer senkrechten Stellung und der nord-südlichen und ost-westlichen Streichrichtung herausrotiert. Für die frühe Entstehung spricht auch, daß die bc-Klüfte

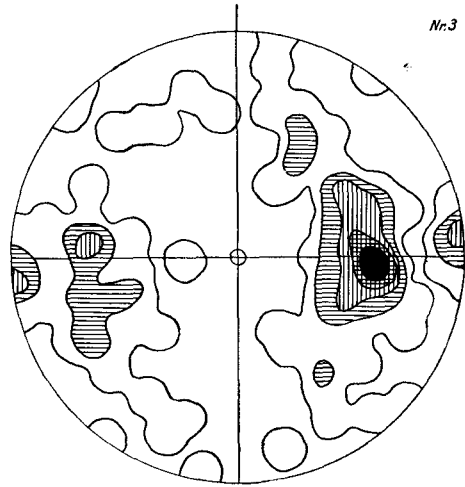


Abb. 10. Grube Hausham, Querschlag 2 West, 9. Sohle, Flöz Großkohl, Südflügel, Kohle im Strebfuß; 102 Pole, über 10 ‰, 8–10 ‰, 5–8 ‰, 3–5 ‰, 0–3 ‰.

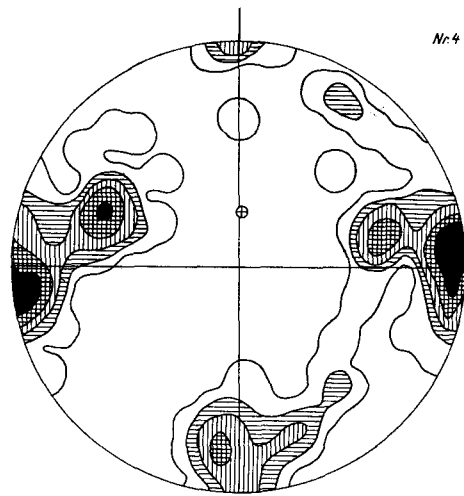


Abb. 11. Grube Penzberg, Flöz 23, Streb Nord 1; 158 Pole, über 8 ‰, 5–8 ‰, 3–5 ‰, 2–3 ‰, 0–2 ‰.

in der flachen Lagerung am Muldenboden besser ausgebildet sind als in höheren Teilen der Mulde. BOLSENKÖTTER (1955) machte an Flözen des Ruhrkarbons die gleiche Beobachtung und erklärt diese Erscheinung dadurch, daß diese Längsfugen bei der Faltung in der steilen Lagerung überprägt wurden und dadurch ihren primären Reißfugencharakter verloren.

Neben dem System der ac- und bc-Klüfte tritt in vielen Diagrammen ein auf die Schichtfläche bezogenes Scherflächensystem mit ursprünglich Nord-Süd streichender Scherachse auf (Okl-Klüfte). Die Klüfte sind oft ähnlich vollkommen ausgebildet wie die ac-Klüfte, zeigen jedoch immer Bewegungsspuren in bc, parallel zum ehemaligen Einfallen der Flächen.

In einem Aufschluß in Flöz Großkohl der Grube Hausham in söhlicher Schichtlagerung (Diagramm 3, Abb. 10) war dieses Okl-Klüftensystem in ursprünglicher räumlicher Lage anzutreffen. Die Kohle zeigte eine intensive Klüftung fast ausschließlich nach diesem Schersystem. Die Flächen streichen Nord-Süd und fallen mit etwa 60° nach Ost und nach West ein. Die nach Westen fallende Flächenschar kommt in dem Diagramm übermäßig stark zum Ausdruck. Dies

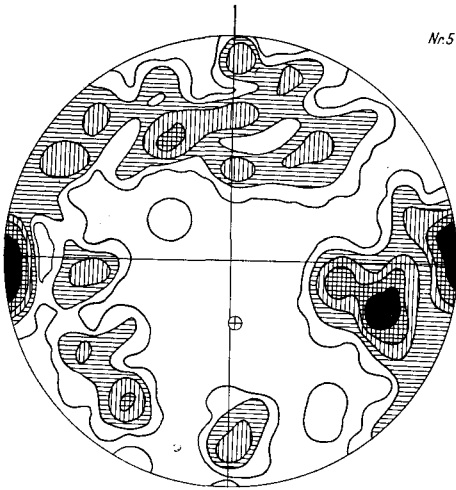


Abb. 12. Grube Hausham, Querschlag 2 West, 6. Sohle, Flöz Großkohl, Südflügel, Kohle im Strebkopf; 156 Pole, über 6 ‰, 4–6 ‰, 3–4 ‰, 1,5–3 ‰, 0–1,5 ‰.

entspricht nicht den tatsächlichen Verhältnissen, vielmehr tritt durch die Lage des Kohlenstoßes die nach Westen fallende Flächenschar häufiger und besser in Erscheinung, während die Gegenklüfte schwer einzumessen sind.

In Diagramm 4 (Abb. 11), das in der Grube Penzberg auf dem Muldennordflügel aufgenommen wurde, tritt das Okl-Kluftsystem neben dem System der ac- und bc-Klüfte gleichwertig in Erscheinung. Die Okl-Klüfte wie auch die bc-Klüfte sind um den Betrag der Schichtenaufrichtung bei der Faltung aus ihrer ursprünglichen Lage herausrotiert worden. Die zugehörigen Maxima liegen heute bei $23^{\circ}/55^{\circ}$ SE und $168^{\circ}/55^{\circ}$ NW (Okl-Klüfte), sowie bei $95^{\circ}/70^{\circ}$ N (bc-Klüfte); die ac-Klüfte haben bei der Rotierung ihre Lage nicht verändert.

In Diagramm 5 (Abb. 12), aufgenommen auf dem Südflügel der Haushammer Mulde, zeigt sich die gleiche Erscheinung: die Okl-Klüfte sind ebenfalls um den Betrag des Schichteneinfallens aus der ursprünglichen Lage herausgedreht. Außerdem zeigt sich in dem Diagramm eine starke Häufung von ac-Klüften und, etwas verwaschen, eine Schar eines hOI-Kluftsystems.

Diese Rotierung der bc- und der Okl-Klüfte bei der Faltung ist der Beweis dafür, daß beide Flächensysteme vor Beginn der Schichtaufrichtung angelegt worden sind und bei der Faltung ihrer ursprünglichen Lage herausgedreht wurden.

Während Okl-Klüfte überall in den untersuchten Kohlenflözen zu beobachten waren, konnte ich hOI-Klüfte, Scherklüfte mit Ost—West streichender Scherachse, nur in einem Streb in Flöz Großkohl der Grube Hausham feststellen. Sie haben dort zusammen mit den Okl-Klüften als Bahn für den Materialtransport bei den Stauchungen und Ausquetschungen in diesem Flöz gedient (vgl. Abb. 7 und S. 39). Die Diagramme 6 und 7 (Abb. 13 und 14), die in diesen Stauchzonen in der Kohle und im Mergel aufgenommen wurden, zeigen eine erstaunlich gute Flächenregelung in der äußerlich völlig wirr erscheinenden gestauchten Partie des Flözes. Diese Zone ist zugleich die einzige Stelle, an der ein bemerkenswerter Materialtransport an Scherklüften in der Kohle festgestellt werden konnte. Die aufgerichteten und überschobenen Kohlenlagen zeigen bereits die Quer- und Längsklüftung. Obwohl Quer- und Längsklüfte sowie Scherklüfte am Anfang der Faltung entstanden sind, läßt sich an dieser Stelle doch auch ein zeitlicher Unterschied zwischen beiden Klüftarten feststellen.

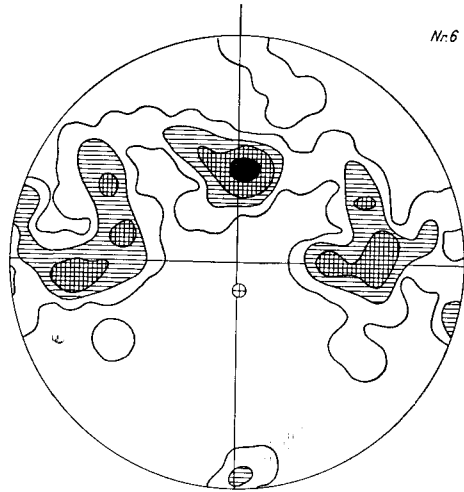


Abb. 13. Grube Hausham, Querschlag 2 West, Flöz Großkohl, Südflügel, tektonische Flözverdickung bei 120 m; 94 Pole, über 8 ‰, 5—8 ‰, 3—5 ‰, 0—3 ‰.

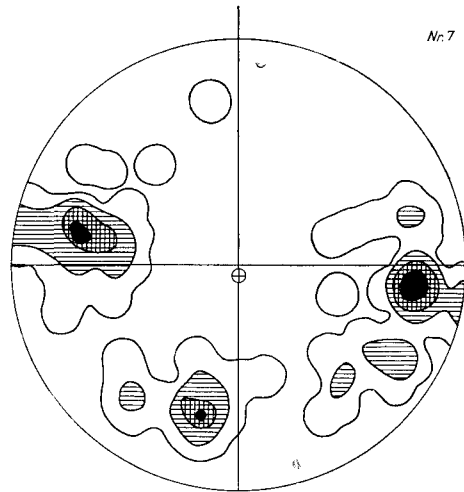


Abb. 14. Grube Hausham, Querschlag 2 West, Flöz Großkohl, Südflügel, mächtiges Bergemittel bei 250 m; 70 Pole, über 8,5 ‰, 7—8,5 ‰, 4—7 ‰, 0—4 ‰.

Genetisch sind die Okl- und hOl-Klüfte als Scherklüfte zu deuten, welche am Anfang der Faltung bei söhlicher Schichtlagerung entstanden sind und die Spannungen ausglich, die in Richtung des Faltungsdrucks und senkrecht dazu wirkten. Dabei kam es in Richtung des Faltungsdrucks an hOl-Flächen zu beträchtlichen Massenverlagerungen. Die ac- und bc-Klüfte waren zu diesem Zeitpunkt schon vorhanden.

Außer den bisher beschriebenen ac-, bc-, hOl- und Okl-Klüften beobachtet man überall diagonal streichende, steile Klufscharen. Im Gegensatz zu den übrigen Klüften zeigen sie keine Abhängigkeit von der Lage der Schichtflächen, sie sind also durch die Faltung nicht rotiert worden. Die Diagramme 8—12 bringen Beispiele für die Lage solcher Diagonalklufscharen.

In Diagramm 8 (Abb. 15) aus Flöz 14 der Grube Peißenberg tritt eine Diagonalklufschar $114^{\circ}/74^{\circ}$ NE gleichwertig neben ac-Klüften auf; zwischen den Maxima der beiden Scharen liegen untergeordnet weitere Häufungen von Diagonalklüften. Die Diagonalklüfte zeigen wie die Scherklüfte meist Bewegungsspuren.

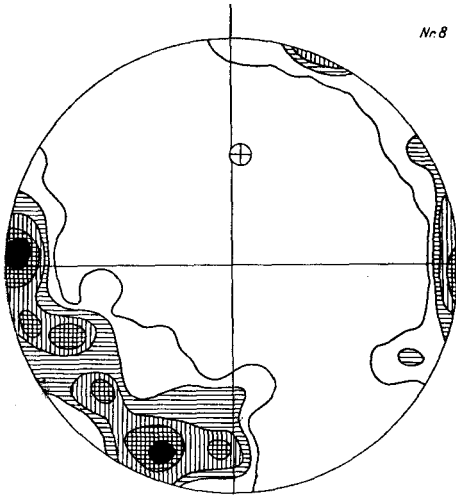


Abb. 15. Grube Peißenberg, Querschlag
6 m 2, Flöz 14 b⁴; 100 Pole, über 10 ‰,
7–10 ‰, 5–7 ‰, 3–5 ‰, 0–3 ‰.

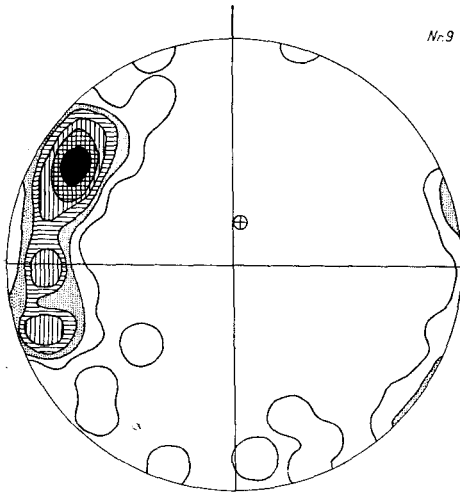
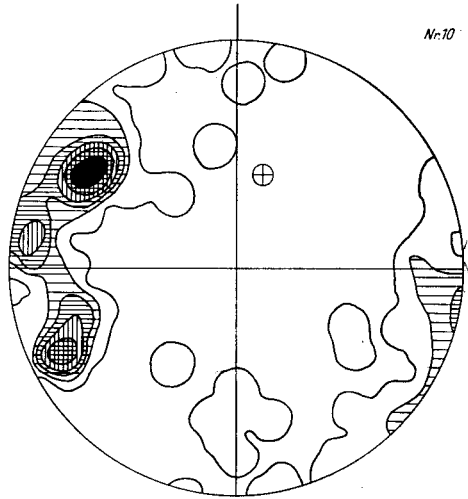


Abb. 16. Grube Penzberg, Flöz 28, Streb
Nord; 94 Pole, über 17 ‰, 13–17 ‰, 8,5
–13 ‰, 6,5–8,5 ‰, 3–6,5 ‰, 0–3 ‰.

In Diagramm 9 (Abb. 16) aus Flöz 28 der Grube Penzberg erscheint vorherrschend ebenfalls eine Diagonalkluft $33^{\circ}/71^{\circ}$ E. Wie in Diagramm 8 sind die Flächen groß, etwas unregelmäßig ausgebildet und tragen Harnische. Für den Abbau des Flözes in diesem Streb ist die Diagonalkluft die wichtigste Fläche. ac-Klüfte und weitere Diagonalklüfte treten untergeordnet auf.

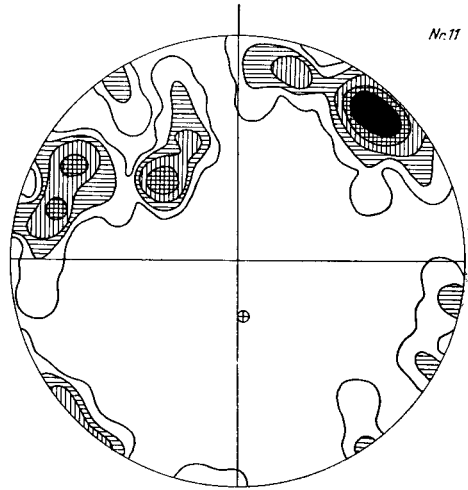
In Diagramm 10 (Abb. 17) aus Flöz 10/11 der Grube Peißenberg tritt als Hauptkluft eine Fläche von $33^{\circ}/66^{\circ}$ E in ähnlicher Lage wie in Diagramm 9 in Erscheinung. Die Flächen sind in der Kohle und im Stinkstein vollkommen glatt und ohne Bewegungsspuren ausgebildet. Möglicherweise handelt es sich hier um eine Schar des Okl-Kluftsystems, die nach Abschluß der Faltung durch diagonale Spannungen nochmals „belebt“ und verstellt wurde. Im Übrigen finden sich die gleichen Nebenhäufungen von Klüften wie in Diagramm 9.

In einem Streb in Flöz Philipp II der Grube Hausham war es möglich, die Lage solcher diagonaler Kluftscharen über einen größeren Teufenbereich bei verschiedenem Einfallen des Flözes zu verfolgen. Auf Diagramm 11 und 12 (Abb. 18 und 19) ist die Lage der Kluftflächen bei steilem und bei mäßigem Einfallen des Flözes auf dem Muldensüdflügel dargestellt. Trotz sehr unter-



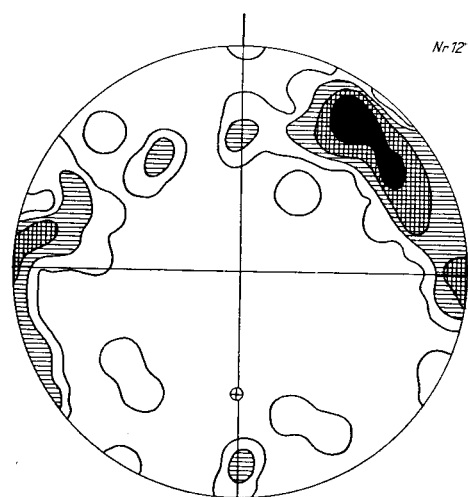
Nr. 10

Abb. 17. Grube Peißenberg, Querschlag 6 m 2, Flöz 10/11 a⁶; 148 Pole, über 12 ‰, 10—12 ‰, 8—10 ‰, 6—8 ‰, 3—6 ‰, 0—3 ‰.



Nr. 11

Abb. 18. Grube Hausham, Flöz Philipp II, Grundstrecke 11. Sohle und Aufhauen zur 9. Sohle; 79 Pole, über 10 ‰, 7,5—10 ‰, 5—7,5 ‰, 2,5—5 ‰, 0—2,5 ‰.



Nr. 12

Abb. 19. Grube Hausham, Flöz Philipp II, Rammstreb 1 Ost; 72 Pole, über 8 ‰, 5—8 ‰, 3—5 ‰, 0—3 ‰.

schiedlichen Schichteneinfallens liegen die Kluftmaxima an der gleichen Stelle bei $113^{\circ}/74^{\circ}$ SW. Bei einer Rückrotierung der Flächenpole im Diagramm auf söhliche Schichtlagerung rücken die Kluftmaxima auseinander. Daraus ist zu erkennen, daß diese Diagonalklüfte tatsächlich erst nach dem Abschluß der Faltung entstanden sind.

Genetisch und zeitlich sind die steilen Diagonalklüfte also den aus der Großtektonik der Molassemulden bekannten Diagonalsprüngen zuzuordnen. Wie diese sind sie in einem letzten Akt des tektonischen Geschehens nach dem Abschluß der Faltung und Muldenbildung entstanden und stellen so gegenüber den früh angelegten Quer-, Längs- und Scherklüften eine zweite, spätere Kluftgeneration dar.

3. Die Kleintektonik in den Flözen der Faltenmolasse und ihre Beziehung zur Großtektonik

Brüche, Verstellungen und Überschiebungen am Ende der Faltung formten das heutige Bild des Muldenbaues in der Faltenmolasse, überprägten jedoch teilweise frühere Strukturen und ihr Abbild in der Kleintektonik. Trotzdem lassen sich folgende zeitlich verschiedene tektonische Phasen erkennen, denen bestimmte kleintektonische Erscheinungen zugeordnet sind.

1. In einem sehr frühen Stadium des tektonischen Geschehens bewirkte der erste, gerichtete Faltungsdruck eine Mobilisierung des teilweise noch unverfestigten Sediments. Bei horizontaler Lagerung der Schichten begann es an geeigneten Stellen schichtparallel zu wandern und häufte sich zu Wülsten an. Diese ordneten sich in die Richtungen ein, in welchen das Gestein auch in festem Zustand auf tektonische Beanspruchung reagiert: sie liegen in Richtung der Faltenachse und in den Richtungen der Diagonalklüfte. Gleichzeitig rissen diagonale Spalten auf, die dem Sediment auch Gelegenheit zu vertikalen Wanderungen gaben. Beispiele für diese Vorgänge sind die „Schieferzonen“ in Flöz 10/11 und die „Feuermuggel“ in Flöz 17.

2. Nach der diagenetischen Verfestigung des Sediments bildeten sich bei flacher Lagerung der Schichten bankrechte Klüfte senkrecht und parallel zum Streichen der späteren Muldenachse. Sie wurden hervorgerufen durch die Dehnung in Richtung der Muldenachse, einer Ausweichbewegung gegenüber dem Faltungsdruck. Diese Klüfte treten in fast allen Flözen auf und sind auch im Nebengestein zu beobachten. In den meisten Fällen bilden sie das Hauptkluftsystem. Die beiden Kluftscharen sind ungleichwertig. Senkrecht zum Streichen der Muldenachse und der Schichten verlaufen sehr zahlreiche, glatte und oft mit Kalzit belegte Querklüfte ohne Bewegungsspuren. Die Längsklüfte treten sowohl an Häufigkeit als auch an Vollkommenheit dagegen zurück.

Das Kluftsystem entspricht nach Ausbildung, Entstehungszeit und Entstehungsursache den aus vielen anderen Gebieten beschriebenen Quer- und Längsklüften. SCHMIDT-THOMÉ (1937) hat die gleiche strenge Beziehung zum Schichtstreichen und auch die Ungleichwertigkeit der beiden Kluftscharen an den Klüften im Buntsandstein von Helgoland beobachtet. BOLSENKÖTTER (1955) fand sie in den Flözen des Ruhrgebiets und bezeichnete sie dort als a 1- und a 2-Klüfte. Auch die Ergebnisse der genannten Autoren sprechen für eine Entstehung dieser Klüfte bei horizontaler Schichtlagerung.

3. Etwa gleichzeitig mit diesem Längs- und Querkluftsystem entstanden auf die Schichtflächen bezogene Scherkluftsysteme mit Scherachsen senkrecht und parallel zur Faltenachse (Okl- und hOl-Klüfte). Auch diese Kluftsysteme gehen auf Zerrungs- und Einengungsvorgänge parallel und senkrecht zum Faltungsdruck zurück. Bei beginnender Auffaltung traten diese Scherflächen stellenweise als Gleitbahnen für rupturellen Stofftransport innerhalb der Flöze in Aktion; es bildeten sich so die Flözstauungen in Flöz Großkohl. Etwa gleichzeitig dürfte es zu den schichtparallelen Gleitungen gekommen sein, deren Spuren weitverbreitet zu beobachten sind.

Zu Beginn der Faltung entstandene diagonale Schersysteme, wie sie z. B. M. RICHTER (1958) postuliert, konnten nicht beobachtet werden. Die Flächen der beschriebenen Schersysteme wurden vielmehr erst durch die Schichtenaufrichtung bei der Faltung in diagonale Streichrichtung rotiert und traten zum Teil am Ende der Faltung als Diagonalklüfte neu in Aktion.

4. In der Schlußphase der Molassefaltung entstanden die großen Überschiebungen, Diagonalsprünge und Querverwerfungen, denen die Faltenmolasse ihre heutige Großstruktur verdankt. Gleichzeitig mit ihnen bildeten sich diagonal streichende, steil fallende Kluftscharen, die meist ohne zugehörige Schar von Gegenflächen auftreten. Sie sind nicht überall gleichmäßig verbreitet, sondern hängen ab von Störungen in ihrer Nachbarschaft. Wegen ihrer Entstehung am Ende der Faltung haben sie auch keine Beziehung zur Schichtfläche.

Die Auffassung SCHMIDT-THOMÉS (1954), daß die Diagonalstörungen und (diagonalen) Scherklüfte im Nordteil der nördlichen Kalkalpen am Schluß der Faltung entstanden sind, gilt also auch für die Faltenmolasse. Die Erkenntnis einer zweiten, früheren Kluftgeneration ist kein Widerspruch zu seiner Darstellung. Vermutlich würde sich eine solche frühe Gruppe von Klüften bei geeigneten Beobachtungsmöglichkeiten auch in den nördlichen Kalkalpen nachweisen lassen.

D. Ergebnis

Die Schichtglieder der gefalteten Molasse sind einem raschen Fazieswechsel unterworfen, der stratigraphische Untersuchungen erschwert. Dies gilt in besonderem Maße für die chattisch-aquitane „Untere Süßwasser-Molasse“. Die Sedimentserie zwischen der Unteren und der Oberen Meeresmolasse ist nur im Allgäu in geschlossener Folge im Bereich des Süßwassers abgelagert worden; im östlichen Oberbayern ist sie dagegen durch marine Schichten vertreten. Zwischen diesen beiden Faziesgebieten erfolgt eine intensive Verzahnung und ein dauernder Wechsel zwischen Schichten fluviatil-terrestrischer, brackischer und mariner Fazies.

In diesem Übergangsbereich ist zwischen der festländischen Fazies im Westen und der marinen Fazies im Osten als überleitendes Glied die brackische Fazies der „Cyrenenschichten“ ausgebildet. Mit ihr stellen sich bauwürdige Pechkohlenflöze ein, welche die Grundlage des oberbayerischen Kohlenbergbaus bilden. Durch ihn sind in diesen Übergangsschichten ausgedehnte Aufschlüsse geschaffen worden, die es erlauben, die stratigraphischen, faziellen und tektonischen Verhältnisse eingehender zu untersuchen.

Die westlichsten Vorkommen brackischer Schichten sind in der Gegend des Lechs im Bergwerk Peiting aufgeschlossen. Die produktive Fazies wird hier noch durch eine schmale Einlagerung in den mächtigen Serien der festländischen „Bunten Molasse“ vertreten. Von hier an ist eine bedeutende Mächtigkeit-zunahme der brackischen Fazies nach Osten und das Einsetzen mariner Schichten bis zum Peißenberger Ostfeld zu beobachten. Von da ab bis zum Penzberger Grubenrevier fehlen jegliche Aufschlüsse. Veranlaßt vor allem durch die Ergebnisse der Bohrungen im Peißenberger Ostfeld gelangte ich zu einer Deutung der Stratigraphie und Faziesentwicklung in diesem unerschlossenen Gebiet, die von der bisherigen Betrachtungsweise abweicht: Der Obere und Untere Glassand von Penzberg ist älter als faziell gleichartige Horizonte im Peißenberger Revier.

Durch den Vergleich von Schurf- und Querschlags-Profilen wurden auch die flözführenden Schichten der Hausham-Mariensteiner Mulde mit den Schichten in der Peißenberger und Nonnenwald-Mulde in stratigraphische Beziehung gesetzt. Die kohleführende Zone lagert im Osten stratigraphisch wesentlich tiefer als im Gebiet von Peißenberg und Penzberg. Das Echelsbacher Flöz der Rottenbacher Mulde entspricht dem Mariensteiner Flöz 5. Die Haushamer Philippsflöze liegen ca. 70 m weiter im Hangenden. Beide Flözhorizonte lassen sich schlecht ausgebildet auch in der Penzberger Mulde wiedererkennen. Sie liegen über 1000 m tiefer als die dort in Abbau befindliche Flözzone.

Die Flözbildung selbst ist immer mit der brackischen Fazies des Nebengesteins verknüpft. Man gelangt zu der Vorstellung eines wattenähnlichen Gebietes mit nur sporadischer, seichter Brackwasserbedeckung als Flözbildungsraum. Die Flözbildung selbst erfolgte jedoch ausnahmslos im Süßwasserbereich, wenn die Bedingungen für die Bildung ausgedehnter Moore erfüllt waren.

Die Fazies und Mächtigkeitsverhältnisse in der Kohlebildung lassen bereits primäre Senkungs- und Schwellenbereiche im Bildungsraum der Kohle erkennen. Sie fallen mit den bei der Gebirgsbildung herausgebildeten Faltelementen zusammen: Die Senkungsbereiche mit am mächtigsten, aber auch am unreinsten entwickelter Kohle nehmen die Kernbereiche der bei der Gebirgsbildung entstandenen Mulden ein.

Tektonische Ereignisse deuten sich bereits in einem vor- oder frühdiagenetischen Stadium an: Vielleicht noch vor der Kluffbildung kam es zu Mobilisierungen des unverfestigten Gesteins. Die Analyse der klufftektonischen Erscheinungen zeigt die Existenz von mindestens zwei und örtlich auch drei zeitlich verschiedenen Kluffgenerationen. Vor Beginn der eigentlichen Faltung entstanden als früheste Bildungen Quer- und Längsklüfte. Immer noch bei horizontaler Schichtlagerung folgte danach die Bildung von Schersystemen mit horizontaler, senkrecht und parallel zur Faltungsachse streichender β -Achse (OkI- und hOl-Klüfte). Erst nach Abschluß der Schichtaufrichtung bildeten sich diagonale Scherklüfte in Zusammenhang mit diagonalen Störungen als letzte Folge der tektonischen Spannungen heraus.

E. Schrifttum

- BÄRTLING, R.: Die Molasse und das Glacialgebiet des Hohenpeißenberges und seiner Umgebung. — Geogn. Jh., **16**, 1903, S. 33—62, München 1905.
- BOLSENKÖTTER, H.: Feintektonische Untersuchungen an Schichten und Klüften in Steinkohlenflözen des Ruhrgebietes. — Geol. Rdsch., **44**, S. 443—472, Stuttgart 1955.
- BREYER, F.: Versuche zur geologischen Deutung der reflexionsseismischen Messungen in der gefalteten Molasse Bayerns. — Bull. Ver. Schweizer. Pretol.-Geol. u. Ing., **25**, Nr. 68, S. 29—35, 1958.
- BRUNNER, M. & G. LENSCH: Kleintektonische Untersuchungen in der Faltenmolasse Südbayerns. — Vortrag bei der Hauptversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Bad Tölz 1960.
- BUBNOFF, S. V.: Rhythmen, Zyklen und Zeitrechnung in der Geologie. — Geol. Rdsch., **35**, Stuttgart 1947.
- ERNST, W. & H. WERNER: Die Bestimmung der Salinitätsfazies mit Hilfe der Bor-Methode. — Glückauf, **96**, H. 17, Essen 1960.
- GANSS, O. & P. SCHMIDT-THOMÉ: Die gefaltete Molasse am Alpenrand zwischen Bodensee und Salzach. — Z. deutsch. geol. Ges., **105**, S. 402—495, Hannover 1955.
- GILLITZER, G.: Geologie des Südgebietes des Peißenberger Kohlenreviers. — Jb. k. u. k. Geol. R.-A., **64**, Wien 1914.
 — Geologische Neuaufnahme des Peißenberger Kohlenreviers. — Geologica Bavarica, Nr. 23, 64 S., München 1955.
 — Geologische Lagerung der Pechkohlenformation im Peißenberger Ost- und Penzberger Westfeld sowie mutmaßlicher Zusammenhang der Flözzüge. — Geol. Jb., **72**, S. 639—650, Hannover 1957.
- HAGN, H. & O. HÖLZL: Geologisch-paläontologische Untersuchungen in der subalpinen Molasse des östlichen Oberbayerns zwischen Prien und Sur mit Berücksichtigung des im Süden anschließenden Helvetikums. — Geologica Bavarica, Nr. 10, 206 S., München 1952.
 — Zur Grenzziehung Katt/Aquitane in der bayerischen Molasse. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., 1954, S. 1—40, Stuttgart 1955.
- HARTMANN, E.: Geologie der Peißenberger Pechkohlen-Mulde. — Abh. geol. Landesunters. Bayer. Oberbergamt, H. 30, S. 23—46, München 1938.
- HÖLZL, O.: Ein neues Profil durch das Unter- und Mittel-Miozän der oberbayerischen Molasse bei Peißenberg und deren Fauna. — Geologica Bavarica, Nr. 17, S. 181—215, München 1953.
 — Die Corbiculidae der oligozänen und miozänen Molasse Oberbayerns. — Geologica Bavarica, Nr. 29, 84 S., 6 Abb., 7 Taf., München 1957.
- JESSEN, W.: Das Ruhrkarbon (Namur C ob. — Westfal C) als Beispiel für extratellurisch verursachte Zyklizitäts-Erscheinungen. — Geol. Jb., **71**, S. 1—20, Hannover 1956.
- KOEHNE, W.: Über die neueren Aufschlüsse im Peißenberger Kohlenrevier. — Geogn. Jh., **22**, 1909, S. 303—312, München 1910.
 — Zur Stratigraphie und Tektonik des oberbayerischen Oligozän. — Geol. Rdsch., **3**, S. 407—413, Leipzig 1912.
- KORSCHÉLT, F.: Die Haushamer Mulde östlich der Leitzach bei Miesbach. — Geogn. Jh., **3**, 1890, S. 44—64, Cassel 1890.
- LANDERGREN, S.: Contribution to the geochemistry of Boron. — Arkiv Kemi, 19 A, 1945.
- LENSCH, G.: Die geologischen Verhältnisse über Tage sowie Faziesentwicklung, Flözausbildung und Kleintektonik unter Tage im Peißenberg-Peitingen Kohlenrevier. — Ungedr. Dipl.-Arb. Techn. Hochschule München, 1956.
 — Flözausbildung und Nebengesteinsfazies im oberbayerischen Pechkohlenrevier. — Glückauf, Essen 1958.
- PETRASCHECK, W. E.: Das tektonische Gefüge alpiner Glanzbraunkohlen. — Z. deutsch. geol. Ges., **92**, S. 441—449, Berlin 1940.

- QUITZOW, H. W.: Die Sedimentationsrhythmen der jüngeren Braunkohlenformation. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., 1955.
- RICHTER, M.: Die Gliederung der subalpinen Molasse. — N. Jb. Mineral. usw., **83**, Beil.-Bd., Abt. B, S. 1—45, Stuttgart 1940.
- Über Dehnung und Längung der Gebirge während der Faltung. — *Geologie*, **7**, 1958.
- SCHMIDT-THOMÉ, P.: Der tektonische Bau und die morphologische Gestaltung von Helgoland. — Abh. u. Verh. Naturwiss. Ver. Hamburg, N. F. I, Hamburg 1937.
- Klufftektonik und Großstrukturen in den nördlichen Kalkalpen. — *Geol. Rdsch.*, **42**, S. 172—187, Stuttgart 1954. — [1954 a].
- Der alpine Raum. — In: Erläuterungen zur Geol. Karte von Bayern 1 : 500 000. München 1954. — [1954 b].
- Die subalpine Molasse zwischen Bodensee und Salzach. — In: Erläuterungen zur Geol. Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1 : 300 000. München 1955.
- STACH, E.: Zur Petrographie und Entstehung der Peißenberger Pechkohle. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **77**, 1925, S. 260—299, Berlin 1926.
- STEPHAN, W.: Zur zyklischen Gliederung der flözführenden Molasse in Oberbayern. — Vortrag bei der Hauptversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Bad Tölz 1960.
- STUCHLIK, H.: Die Faziesentwicklung der südbayerischen Oligozänmolasse. — *Jb. k. u. k. Geol. R.-A.*, **56**, Wien 1906.
- WEITHOFER, K. A.: Zur Kenntnis der oberen Horizonte der oligozänen Brackwassermolasse Oberbayerns und deren Beziehungen zur miozänen (oberen) Meeresmolasse im Gebiete zwischen Inn und Lech. — *Verh. k. u. k. Geol. R.-A.*, **10**, Wien 1899.
- Über neuere Abschlüsse in den jüngeren Molasseschichten Oberbayerns. — *Verh. k. u. k. Geol. R.-A.*, **15**, Wien 1912.
- Die Entwicklung der Anschauungen über Stratigraphie u. Tektonik im oberbayer. Molassegebiet. — *Geol. Rdsch.*, **5**, S. 65—77, Leipzig 1915.
- Die Oligozänablagerungen Oberbayerns. — *Mitt. Geol. Ges. Wien*, **10**, Wien 1917.
- Das Pechkohlengebiet des bayerischen Voralpenlandes und die Oberbayerische AG für Kohlenbergbau. *Denkschrift München* 1920.
- Die Promberger Schichten der oberbayerischen Molasse. — *Zbl. Mineral. usw.*, Abt. B, S. 3—21, Stuttgart 1935.
- WERNER, H.: Serienbestimmung von Bor in Sedimentgesteinen. — *Z. analyt. Chemie*, **168**, H. 4, 1959.
- ZÖBELEIN, H. K.: Die Bunte Molasse bei Rottenbuch (Obb.) und ihre Stellung in der Subalpinen Molasse. — *Geologica Bavarica*, Nr. 12, 86 S., München 1952.
- Zur Altersdeutung der Cyrenenschichten in der Subalpinen Molasse Oberbayerns. — *Geologica Bavarica*, Nr. 17, S. 113—134, München 1953.
- Kritische Bemerkungen zur Stratigraphie der Subalpinen Molasse Oberbayerns. — *Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **23**, 91 S., 2 Abb., Wiesbaden 1957.

Sporenstratigraphische Untersuchungen in der Gefalteten Molasse der Murnauer Mulde (Oberbayern)

Von MONIKA WOLF

Mit 5 Abbildungen, 8 Tafeln und 3 Beilagen (7—9)

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	54
A. Zur Stratigraphie des Arbeitsgebietes	54
I. Die Gefaltete Molasse	54
II. Die Murnauer Mulde und ihre Stellung innerhalb der Gefalteten Molasse	55
III. Die sporologisch bearbeiteten Profile innerhalb der Murnauer Mulde	57
B. Sporologischer Teil	60
I. Arbeitsmethodik	60
II. Systematische Beschreibung der Sporomorphen	62
III. Die graphische Darstellung der Untersuchungsergebnisse	76
C. Sporenstratigraphische Ergebnisse	78
I. Das Auftreten der Sporomorphen im stratigraphischen Profil	78
II. Zur stratigraphischen Gliederung des Oligozäns in der Murnauer Mulde	83
III. Sporologisches Durchschnittsdiagramm durch die Gefaltete Molasse der Murnauer Mulde und seine Bedeutung für die Erdöl-Industrie	85
IV. Sporologische Hinweise auf die paläogeographischen Verhältnisse in der Gefalteten Molasse	86
Zusammenfassung	88
Schrifttum	89

Einleitung

Innerhalb der Gefalteten Molasse fehlt es immer noch an geeigneten stratigraphischen Orientierungsmethoden, die schon während des Bohrbetriebs besonders dem Erdöl-Geologen Hinweise auf die stratigraphische Zugehörigkeit bestimmter durchteufter Horizonte geben. Die Mikrofauna ist hier zwar schon lange eine unentbehrliche Hilfe, kann aber auch nicht in jedem Fall sichere Angaben machen. So war es beispielsweise bis jetzt nicht möglich, die mächtigen Tonmergelschichten der Unteren Meeresmolasse mikrofaunistisch zu gliedern. Gerade hier ist es aber für den Erdöl-Geologen von Interesse zu wissen, in welchem Horizont er sich befindet und wieviel Meter voraussichtlich noch bis zu der nächst tieferen Sandstein-Serie, den Deutenhausener Schichten, zu bohren sind.

Da die Mikrofauna bisher keine guten Ergebnisse gebracht hat, war es naheliegend, die auftretenden terrestrischen bis marinen Schichten mikrofloristisch zu untersuchen. Daß diese Untersuchungen auch neue wissenschaftliche Gesichtspunkte bringen würden, war zu erwarten, da bisher noch keine sporologische Bearbeitung der tieferen Schichten in der Gefalteten Molasse existiert ¹⁾.

Bis jetzt gibt es nur einen noch unveröffentlichten Bericht von Herrn Dr. REIN, Geologisches Landesamt Krefeld, über Sporomorphae der Unteren Süßwassermolasse Oberbayerns, an die diese Untersuchungen stratigraphisch anschließen.

Die Arbeit wurde im Geologischen Institut der Technischen Hochschule München angefertigt. Dem Leiter des Instituts, meinem verehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. P. SCHMIDT-THOMÉ, verdanke ich die Einführung in die Stratigraphie, Paläogeographie und Tektonik der Faltenmolasse sowie wertvolle Anregungen zum Thema selbst.

Von der Preußischen Bergwerks- und Hütten-Aktiengesellschaft, Zweigniederlassung Erdöl und Bohrverwaltung, bin ich besonders den Herren Direktor Dr. BREYER und Dr. BECKMANN zu Dank verpflichtet, die für die Bereitstellung der notwendigen wirtschaftlichen und technischen Mittel sorgten.

A. Zur Stratigraphie des Arbeitsgebietes

I. Die Gefaltete Molasse

Zu den letzten erdgeschichtlichen Ereignissen im Rahmen der alpinen Orogenese gehört die Bildung, Füllung und randliche Faltung des Molassetroges. Diese voralpine Saumtiefe hat sich aus dem nördlichen Randsaum der Restsenke des helvetischen Troges gebildet. Die Molasse-Sedimentation begann im Unteroligozän und dauerte bis zum Pliozän. Der mehrfache Wechsel von marinen, brackischen und limnisch-fluviatilen Ablagerungen charakterisiert die wechselvolle Geschichte der Saumtiefe.

GÜMBEL (1861) gliedert die Sedimente in:

Obere Süßwassermolasse	(OSM)
Obere Meeresmolasse	(OMM)
Untere Süßwassermolasse	(USM)
Untere Meeresmolasse	(UMM)

¹⁾ Da die Arbeit stratigraphische Untersuchungen mit Hilfe fossiler Sporae dispersae beinhaltet, soll, entsprechend den Empfehlungen PORONIS (1960), im folgenden von Sporenstratigraphie gesprochen werden. Der Begriff Sporologie ist im Sinne von Sporenmorphologie zu verstehen.

Diese Gliederung hat sich im Westteil der Gefalteten Molasse in ihren Grundzügen bis heute bewährt.

Der häufige Wechsel von Transgressionen und Regressionen, besonders in den westlichen Teilen des Beckens, bedingt eine lebhaftere Verzahnung der einzelnen Faziestypen, so daß zu der vertikalen Gliederung der Molasse eine horizontale hinzukommt.

Generell herrscht im westlichen Beckenbereich die kontinentale, im östlichen die marine Fazies vor. Das Übergangsgebiet mit der stärksten Faziesverzahnung befindet sich im westlichen Oberbayern, zwischen Isar und Mangfall.

Zur Gefalteten oder Subalpinen Molasse gehören die südlichen, unmittelbar vor der helvetischen Zone gelegenen Teile des Molassetroges. Bezeichnend für dieses Gebiet ist eine größere Zahl meist nordvergenter Mulden, zwischen denen keine vollständigen Sättel zur Ausbildung gekommen sind, sondern „reduzierte Zwischensättel“ (SCHMIDT-THOMÉ 1960). Am ausgeprägtesten ist diese Zone in der Westschweiz. Östlich des Bodensees treten im Allgäu vier Einzel-Mulden auf, an die sich nach Osten drei Muldenzonen, die Murnauer und Rottenbacher, sowie die weniger ausgeprägte Peißenberger Mulde anschließen, die weiter im Osten wiederum in einigen Einzel-Mulden ihre Fortsetzung finden. Das Ost-Ende der Gefalteten Molasse befindet sich an der Salzach. Diese Grenze ist tektonisch bedingt. Der Flysch springt hier plötzlich nach Norden vor und hat wahrscheinlich die nördlich angrenzende Falten-Molasse überfahren.

Bedingt durch das Nord-Wandern der Molasse-Trogachse während des Tertiärs, zeigen nicht alle Mulden die gleiche Ausbildung. Das gilt sowohl in Bezug auf die Stratigraphie als auch in lithologischer Hinsicht. So treten in den südlichen Mulden nur die tieferen Schichtglieder der Sedimentfolge auf, während die jüngeren Serien erst allmählich gegen Norden hin einsetzen. Die Mächtigkeiten der einzelnen Horizonte nehmen in Süd-Nord-Richtung ab, da mit dem Wandern der Trogachse nach Norden eine Abnahme der Senkungstendenz des Beckens verbunden ist (SCHMIDT-THOMÉ, 1960).

II. Die Murnauer Mulde und ihre Stellung innerhalb der Gefalteten Molasse

Die Murnauer Mulde ist die südlichste der oberbayerischen Molasse-Mulden. Sie wird gekennzeichnet durch die sie allseitig begrenzenden Hügelketten der Baustein-Schichten und der Konglomerate der Unteren Süßwasser-Molasse. Da sich die Muldenachse sowohl im Westen als auch im Osten heraushebt, haben die Schichten umlaufendes Streichen, so daß ein nahezu geschlossener Härtlingszug rund um den Muldenkern entstehen konnte²⁾.

Im Westen hebt sich die Muldenachse an der Iller heraus, im Osten liegt der Muldenschluß südwestlich Penzberg. Die Murnauer Mulde hat eine Länge von ca. 80 km, ihre größte Breite beträgt ca. 6 km.

Entsprechend der oben beschriebenen räumlichen Verteilung der Sedimente treten in der Murnauer Mulde nur die tieferen Schichtglieder der Faltenmolasse auf.

²⁾ Genauere Untersuchungen über die Tektonik der Murnauer Mulde werden gegenwärtig im Rahmen einer Dissertation am Geol. Institut der TH München von Herrn Dipl.-Geol. BRUNNER durchgeführt.

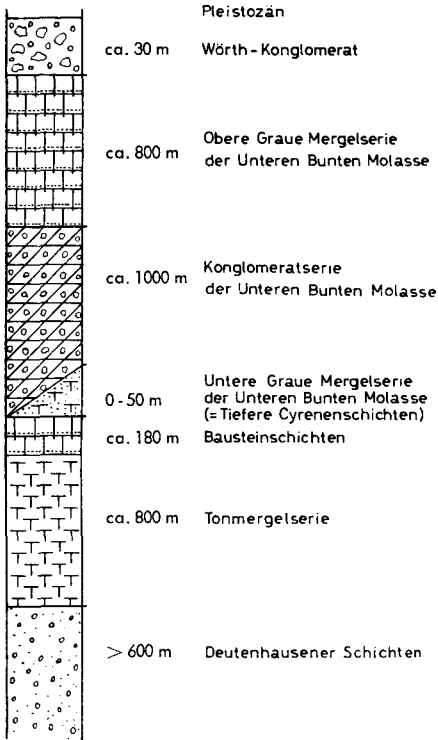


Abb. 1. Stratigraphisches Idealprofil durch die Murnauer Mulde, 1 : 20 000.

Im einzelnen sind es (nach SCHMIDT-THOMÉ, 1960):

Oberes Chatt	USM	Untere Bunte Molasse (UBM)	„Steigbach-Schichten“
Unteres Chatt			„Weißbach-Schichten“
Rupel	UMM	Baustein-Schichten Tonmergel-Schichten	
Lattorf			Deutenhausener Schichten

ZEIL (1954) hat im Hangenden der UBM noch das Würth-Konglomerat ausgeschieden, das nach neuesten Untersuchungen (ZÖBELEIN, mündl. Mitteilung) dem höheren Chatt zuzurechnen ist.

Nach Untersuchungen der PREUSSAG wurde in Anlehnung an oben erwähnte Gliederung folgende Stratigraphie für die Murnauer Mulde ausgearbeitet und für die Erdöl-Bohrungen festgelegt (Abb. 1):

	ca. 30 m	Würth-Konglomerat
Ob. Chatt	800 m	Obere Graue Mergelserie der Unteren Bunten Molasse mit brackischen Einlagerungen
	ca. 1000 m	Konglomerat-Serie der Unteren Bunten Molasse
Unt. Chatt	0—50 m	Untere Graue Mergelserie der Unteren Bunten Molasse mit brackischen Einlagerungen (Murnauer Cyrenenschichten ZEIL) und dem Echelsbacher Flöz (15 cm)
Rupel-Unt. Chatt	ca. 180 m	Baustein-Schichten
Rupel	ca. 800 m	Tonmergel-Schichten
? Rupel + Lattorf	ca. 600 m	Deutenhausener Schichten.

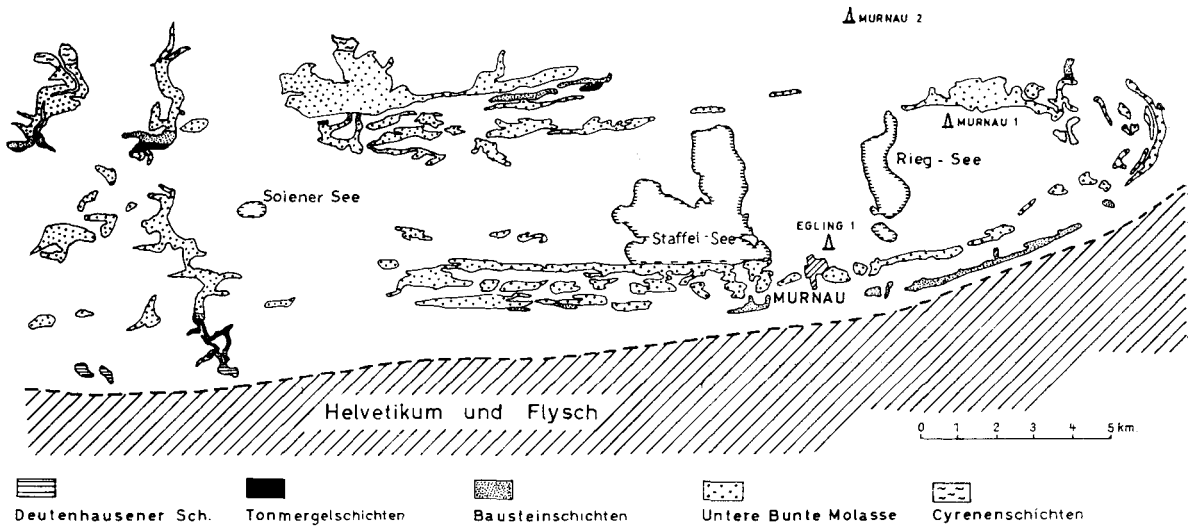


Abb. 2. Geologische Skizze der östlichen Murnauer Mulde mit den Lagepunkten der Bohrungen.

III. Die sporologisch bearbeiteten Profile innerhalb der Murnauer Mulde

Die drei von der PREUSSAG in der Murnauer Mulde niedergebrachten Tiefbohrungen befinden sich im östlichen Teil der Mulde (Abb. 2), der durch die Verzahnung von limnischer und mariner Fazies gekennzeichnet ist.

Es sind dies die Bohrungen

Murnau 1 bei Aidling

Murnau 2 südwestlich Obersöchering

Egling 1 östlich der Straße Murnau—Weilheim, Abzweig Habach.

Nach Aufzeichnungen in den Bohrakten der PREUSSAG fügen sich die drei Bohr-Profile gut in die geologische Gesamtsituation der Murnauer Mulde ein (Abb. 3 a, 3 b).

a. Bohrung Murnau 1

Lage: R-Wert	44 43 725
H-Wert	52 86 115
Höhe üb. NN	712,50 m

Die Bohrung wurde auf eine seismisch festgestellte Störung im Nord-Flügel der Murnauer Mulde angesetzt. Nach Durchteufen der Überschiebung der Murnauer Mulde auf den Süd-Flügel der Rottenbucher Mulde sollten die noch darüber erwarteten Baustein-Schichten und die Deutenhausener Schichten auf ihre Trägereignung und Ölführung hin untersucht werden. Die Bohrung durchteufte zunächst geringmächtige brackische Einlagerungen in der Oberen Grauen Mergelserie der Unteren Bunten Molasse, erreichte die Konglomeratserie der Unteren Bunten Molasse bei 235 m und traf in ihrem unteren Teil von 1200,0—1480,0 m wieder eine graue Mergelserie („Tiefere Cyrenenschichten“) an, die auf Grund der Mikrofauna und einzelner Makrofossilien ebenfalls brackischen Einschlag

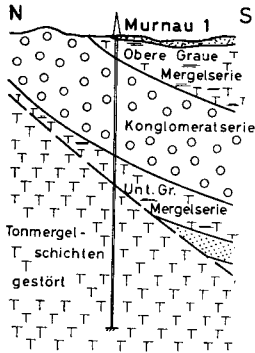


Abb. 3 a. ca. 1 : 75 000.

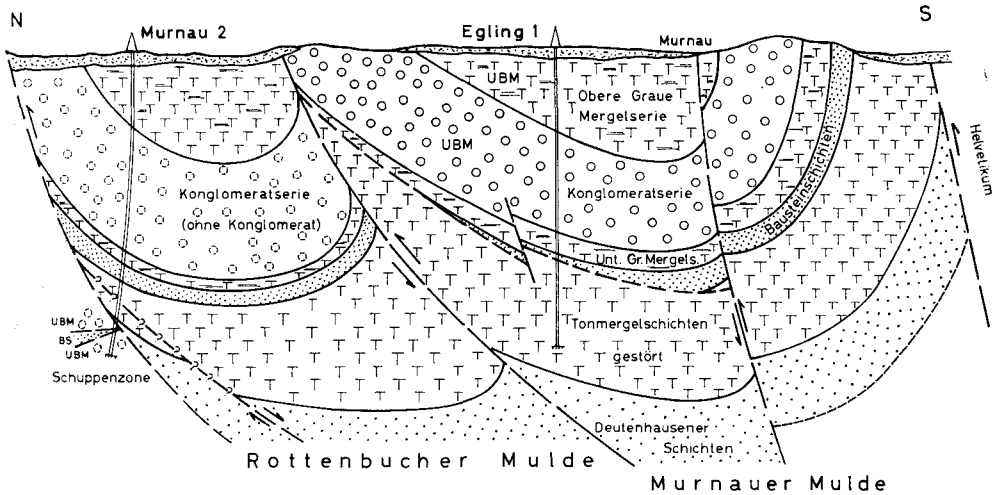


Abb. 3 b. ca. 1 : 75 000.

Geologische Situation im Bereich der untersuchten Bohrungen (nach BECKMANN 1960).

zeigt. Bei 1483 m durchsank die Bohrung die seismisch vermutete Überschiebung und blieb bis zur Endteufe von 2900 m in stark gestörten Tonmergel-Schichten der Unteren Meeresmolasse, die mit großer Wahrscheinlichkeit dem Liegenden beider Mulden zugehören dürften. Die Baustein-Schichten sind im durchteuften Bereich unterdrückt. Das gesamte Profil wurde sporologisch untersucht.

b. Bohrung Murnau 2

Lage: R-Wert	44 40 975
H-Wert	52 88 765
Höhe ü. NN	663,0 m

Die Bohrung war etwa 4 km nordwestlich von Murnau 1 auf eine seismisch festgestellte Störung angesetzt worden und sollte die Sandsteine der Baustein-Schichten und der Deutenhausener Schichten im Nordflügel der Rottenbacher Mulde auf Trägereignung und evtl. Poreninhalt untersuchen, sowie die unter der Überschiebung liegenden Schichten stratigraphisch und erdölgeologisch klären.

Die Bohrung durchteufte unter dem Quartär zunächst die Obere Graue Mergelserie der Unteren Bunten Molasse mit Einschaltungen von brackischen Lagen, erreichte bei 880 m die Stellvertretung der sog. Konglomeratserie, die hier jedoch geröllfrei ausgebildet ist, und kam nach geringmächtiger Unterer Grauer Mergelserie bei 2280 m in die Baustein-Schichten, die bei 2575,6 m durchteuft waren. Die darauffolgenden Tonmergel-Schichten dürften tektonisch reduziert sein, gehören aber nach Einfallen und Streichen ebenso wie die unter ihnen angetroffenen Deutenhausener Schichten noch zum Verband der Murnauer Mulde. Bei 2981 m wurde die Überschiebung durchkreuzt, die den größten Teil der Deutenhausener Schichten gekappt hat. Unter der Überschiebung wurden Schubfazeten von Unterer Bunter Meeresmolasse und fraglichen Baustein-Schichten angetroffen, die bis 3304,4 m, der Endteufe der Bohrung, noch kein klares Bild über den Bau der unter der Überschiebung anstehenden Schichtenfolge ergaben. Proben zur Untersuchung auf Pollen und Sporen konnten aus technischen Gründen nur aus der Unteren Bunten Molasse und den Baustein-Schichten entnommen werden.

c. Bohrung Egling 1

Lage: R-Wert	44 40 645
H-Wert	52 84 380
Höhe ü. NN	675 m

Die Bohrung war nördlich der Muldenzone der Murnauer Mulde auf einer seismischen Struktur angesetzt, die durch eine Nord—Süd-streichende und eine zweite Ost—West-streichende Störung die Bildung einer Erdöl-Fangstruktur möglich erscheinen ließ. Durch die Bohrung sollten die Baustein-Schichten und nach der Vertiefung auch die Deutenhausener Schichten auf ihre Trägereignung und Porenfüllung untersucht werden.

Die Bohrung durchteufte unter dem Quartär bis 837 m die Obere Graue Mergelserie der Unteren Bunten Molasse, bis 1997 m die Konglomeratserie der Unteren Bunten Molasse, bis 2030 m die Untere Graue Mergelserie mit brackischen Einschaltungen und bis 2063 m Baustein-Schichten. In dieser Teufe wurde eine Störung angetroffen, für die nach der Seismik etwa Nord-Süd-Streichen anzunehmen ist.

d. Nachtgraben

Der Nachtgraben durchbricht auf dem Nordflügel der Murnauer Mulde steil aufgerichtete Schichten der Unteren Bunten Molasse, Cyrenen-Schichten und Baustein-Schichten. Die Baustein-Schichten bestehen aus einer Folge meist grau-blauer Mergel, in die Kalksandsteinbänke eingelagert sind. Auch zwei dünne Pechkohlenflözchen sind in der Schichtfolge enthalten. Die Kohle ist zum Teil stark zerrieben; sie diente während der tektonischen Bewegungen als Gleit-horizont. Die entnommenen Proben entstammen den Baustein-Schichten und den Pechkohlenflözchen. Probe Nr. 15 (Stinkstein) ist zu den Unteren Cyrenen-Schichten zu stellen, Probe Nr. 16 gehört der Unteren Bunten Molasse an.

e. Ammerprofil

Die Ammer durchbricht die überkippten Schichten des Südflügels der Murnauer Mulde westlich von Kohlgrub und schafft Aufschlüsse durch die gesamte Schichtenfolge der Murnauer Mulde. Für die sporenstratigraphischen Untersuchungen wurden jedoch nur den Deutenhausener Schichten Proben entnommen, um die Bohrprofile nach dem Liegenden hin zu vervollständigen.

Die oberhalb des Zusammenflusses von Ammer und Halbammer anstehenden Deutenhausener Schichten bestehen aus Tonmergeln, Sandsteinen und Feinkonglomeraten. Im Hangenden treten die größeren Komponenten immer mehr zurück, häufiger erscheinen Mergel, die allmählich zu den Tonmergel-Schichten überleiten.

B. Sporologischer Teil

I. Arbeitsmethodik

a. Zusammenstellung der Proben

Ausgangspunkt für die sporologischen Untersuchungen war die Bohrung Murnau 1. Die Bohrung war zum Zeitpunkt der Probennahme, im Frühjahr 1959, bereits beendet, so daß sowohl Kern- als auch Spülproben im vollem Umfang zur Verfügung gestellt werden konnten. Außerdem war es zu dieser Zeit das einzige Bohrprofil in der Murnauer Mulde überhaupt. Die Bohrung hat im Bereich der Rottenbacher Überschiebung nicht das erwartete stratigraphische Profil angetroffen, es fehlen sowohl die Baustein-Schichten, die allerdings in den im Profil verzeichneten „Tieferen Cyrenen-Schichten“ enthalten sein können, als auch die Deutenhausener Schichten.

Aus den vollständig vorhandenen Spülproben wurde jeweils über eine Bohrstrecke von 25 m hinweg eine Mischprobe zusammengestellt. Parallel dazu wurden Kernproben genommen. Insgesamt wurden 142 Proben genommen, die sich folgendermaßen verteilen:

Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse	14 Proben
Konglomerate der Unteren Bunten Molasse	48 Proben
Tiefere Cyrenen-Schichten	18 Proben
Tonmergel-Schichten	62 Proben

Ursprünglich war beabsichtigt, auch von der Bohrung Murnau 2 ein vollständiges Profil zu nehmen und zu untersuchen. Aus diesem Grunde wurde im Frühjahr 1959 gleichzeitig mit der Probennahme von Bohrung Murnau 1 begonnen, eine Serie von Kernproben der damals erbohrten 855 m langen Strecke zusammenzustellen. Da jedoch die Bohrung bis Dezember 1960 noch in Betrieb war und die Spülproben vorerst im Archiv bleiben müssen, andererseits sich aber inzwischen herausgestellt hat, daß die Untersuchung einiger weniger Kernproben wertlos ist, wurde diese Arbeit eingestellt (siehe auch S. 85). Im Frühjahr 1960 wurden lediglich 46 Proben der Baustein-Schichten als Ergänzung zum Profil der Bohrung Murnau 1 genommen. Da die gesamte Strecke der Baustein-Schichten gekernt worden ist, stand genügend Material zur Verfügung, um zu einem auswertbaren Profil zu gelangen.

Die Deutenhausener Schichten in der Bohrung M u r n a u 2 sind erst nach Abschluß meiner Labor-Arbeiten erbohrt worden und konnten von mir nicht mehr bearbeitet werden. Um das Profil nach dem Liegenden hin zu vervollständigen, habe ich unter freundlicher Hilfe von Herrn Dr. LENSCH, Krefeld, acht Proben im Ammerprofil genommen, die sich über das gesamte aufgeschlossene Profil der Deutenhausener Schichten verteilen und vor allem nach lithologischen Gesichtspunkten ausgewählt wurden.

17 Kernproben aus der Bohrung E g l i n g 1 und 16 Proben aus den Baustein-Schichten des Nachtgrabens waren für Vergleichszwecke gedacht.

b. Aufbereitung der Proben

In der Literatur sind hinreichend Verfahren zur Aufbereitung kalkigen und kieseligen, diagenetisch verfestigten Gesteins beschrieben worden, so unter anderem bei KRÄUSEL (1950, S. 39), REISSINGER (1940, S. 3 und 11), REIN (in FREUND, Bd. II, Teil 3, S. 297) und OVERBECK (in FREUND, Bd. II, Teil 3, S. 352).

Diese Verfahren gehen davon aus, die Proben mit 40%iger Flußsäure zu versetzen und längere Zeit stehen zu lassen. Da mir jedoch für sämtliche Arbeiten nur ein kleines Labor zur Verfügung stand, war es nicht möglich, diese Methoden anzuwenden. Deshalb wurden alle Proben nach einem von KURTZ & TURNER (1957) beschriebenen Verfahren aufbereitet, bei dem die HF-Behandlung nur 45 Min. dauert und zugleich durch die im Analysengang eingebaute Ölflotation eine Anreicherung des Sporomorphen führenden Materials stattfindet. Dies war für die, nur in spärlichem Maße Sporomorphen-haltigen Sedimente der Molasse von großem Vorteil. Da diese Aufbereitungsmethode in der deutschsprachigen Literatur wenig bekannt sein dürfte, soll sie hier in der von mir etwas abgewandelten Form erläutert werden:

1. Allmählich konz. HCl zu 100 g Gestein geben, bis die CO₂-Entwicklung aufhört.
2. NaOH bis zum P_H-Wert 8—9 zugeben.
3. Rückstand und Flüssigkeit in einen Zylinder geben und mit aqua dest. auf ca. 800 ml auffüllen. 15 ml weißes Paraffinöl zugeben. Zylinder kräftig schütteln und dann stehen lassen, bis die Phasen sich trennen.
4. Die Öl-Phase mit einer Pipette abheben und auf Whatman-Nr. 1-Filterpapier in einen Trichter bringen.
5. Arbeitsgang 3 und 4 unter Benutzung frischen Öls fünfmal wiederholen. Die Mengen im Zylinder mit H₂O wieder auf 800 ml auffüllen. Alle Ölschichten auf dasselbe Filter geben, Filtrat verwerfen. Es ist nützlich, etwas Aceton und Xylol auf den Inhalt des Trichters zu geben, um die Filtration zu beschleunigen.
6. Ölrückstände auf dem Papier des Trichters zwei- oder dreimal abwechselnd mit 20—30 ml Aceton und Xylol waschen, bis Rückstand und Papier frei von Öl sind. Vollständige Dehydration des Filterpapiers und Rückstands durch mehrmaliges Übergießen mit Aceton.
7. Papier und Rückstand in einen Kupfer-Tiegel bringen und 30—50 ml 35 %ige Flußsäure zugeben. Inhalt des Tiegels allmählich zum Kochen bringen und 10 Minuten kochen lassen. Abkühlen lassen und in Polyäthylen-Röhren zentrifugieren. Danach die überstehende Flüssigkeit vorsichtig abgießen.
8. Rückstand vom Zentrifugieren wieder in einen Kupfer-Tiegel bringen, noch zweimal mit Flußsäure behandeln wie in 7. angegeben, bis die Probe vollständig zersetzt ist.
9. Den zersetzten Rückstand mit warmer 5 n HCl waschen, zentrifugieren und im Trichter dekantieren.
10. Unter Verwendung von 10 %iger NaOH Rückstand in einen Becher bringen und im kochenden Wasserbad 20 Minuten erhitzen, zentrifugieren und dekantieren.
11. Rückstand mit H₂O waschen, zentrifugieren, dekantieren.

12. Rückstand mit Eisessig waschen, zentrifugieren und dekantieren.
13. Rückstand mit 50 ml einer Mischung aus 9 Teilen Essigsäure-Anhydrid und 1 Teil konz. H_2SO_4 (nach ERDTMANN 1954) 15 Minuten im kochenden Wasserbad erhitzen. Im Glasröhrchen zentrifugieren. Überstehende Flüssigkeit vorsichtig abgießen. Falls der Zellstoff des Filterpapiers nicht restlos gelöst ist, Vorgang wiederholen.
14. Rückstand mit Eisessig waschen, zentrifugieren, dekantieren.
15. Zum Rückstand die 2—3fache Menge seines Volumens an 10%iger NaOH geben, im kochenden Wasserbad erhitzen (20 Minuten), zentrifugieren, dekantieren.
16. Rückstand wiederholt mit H_2O waschen, zentrifugieren, dekantieren.
17. Sporomorphen-haltiger Rückstand von Gang 16 kann in Glyzeringelatine eingebettet werden.

II. Systematische Beschreibung der Sporomorphen

In den meisten Fällen war das Sporomorphen-Material so schlecht erhalten, daß die Bestimmung nur nach den größten morphologischen Merkmalen vorgenommen werden konnte. Vor allem waren es Größe, Äquatorkontur bzw. Figura und Aufbau der Exine, die für die Zuordnung zu einer Formgattung oder -spezies herangezogen werden konnten. Der Aufbau der Germinalien war nur in Einzelfällen zu erkennen, so daß damit nur selten gearbeitet werden konnte. Oft war es schwierig, selbst Struktur und Skulptur der Exine zu sehen, da viele Exemplare starke Korrosionserscheinungen zeigen. Als weiteres ungünstiges Moment kommt bei dem vorliegenden Material die geringe Exemplarzahl innerhalb der einzelnen Formen hinzu. Aus beiden Gründen, starke Korrosion und wenig Exemplare, ist die Aufstellung neuer Arten prinzipiell unterlassen worden, obwohl einige Formen dazu geradezu herausfordern.

Einige Worte sind noch zum System der Sporomorphen zu sagen. Da die Fragen der systematischen Ordnung der Sporomorphen noch im Fluß sind, hat sich die Nomenklatur oft geändert, so daß durch die einzelnen sporologischen Systeme nur schwer hindurchzufinden ist. Außerdem ist es nicht leicht, verschiedene morphologische Gattungsbegriffe miteinander zu kombinieren. Um die Systematik durch diese Fragen nicht unnötig zu belasten, wurden einheitlich alle Sporen nach KRUTZSCH (1959) und alle Pollen nach THOMSON & PFLUG (1953) benannt und geordnet. Spätere Umstufungen einzelner Spezies, besonders innerhalb der Gattung *Extratripopollenites* PFLUG 1953 sind nicht berücksichtigt.

A. Oberabteilung: *Sporites* H. POTONIÉ 1893¹

I. Abteilung: *Triletes* (REINSCH 1881), R. POTONIÉ & KREMP 1954

a. Formgenusgruppe: *Laevigati* (B. & K. 1868) R. POT. & KREMP 1954

1. Formgenus: *Divisisporites* PFLUG 1953

cf. *Divisisporites partitus* PFLUG 1953

Abb.: Taf. I, Nr. 2

Größe: 17 μ

Auftreten: Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Mollasse (allochthon)

Stratigr. Verbreitung³⁾: Wealden bis Mittel-Eozän

Bot. Zugehörigkeit: *Gleicheniaceae* ?

³⁾ Unter dem Begriff „Stratigraphische Verbreitung“ ist das bisher in der Literatur bekannte Auftreten zu verstehen.

2. Formgenus: *Leiotriletes* (NAUMOVA 1937) POTONIÉ & KREMP 1954

Abb.: Taf. I, Nr. 3

Größe: 55 μ (für diese Gruppe etwas zu klein)

Auftreten: Baustein-Schichten

Verbreitung: Vorwiegend Mittel-Eozän, später selten

Bot. Zugeh.: Ungeklärt

3. Formgenus: *Stereisporites* PFLUG 1953*Stereisporites minor* (RAATZ 1937) KRUTZSCH 1959

Abb.: Taf. I, Nr. 4

Größe: 17–18 μ

Auftreten: Baustein-Schichten, Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: Durchläufer

Bot. Zugeh.: *Sphagnum**Stereisporites stictus* (WOLFF 1934) KRUTZSCH 1959

Abb.: Taf. I, Nr. 5

Größe: 28 μ

Auftreten: Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: Eozän bis Pliozän

Bot. Zugeh.: *Sphagnum*b. Formgenusgruppe: **Triplanes** PFLUG 19534. Formgenus: *Triplanosporites* PFLUG 1952 emend. THOMSON & PFLUG 1953*Triplanosporites sinuosus* (PFLUG 1952) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. I, Nr. 6–8

Größe: 17–20 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Baustein-Schichten, Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: Ober-Paläozän bis Ober-Eozän regelmäßig, Mittel-Tertiär vereinzelt

Bot. Zugeh.: Ungeklärt

c. Formgenusgruppe: **Toriati** KRUTZSCH 19595. Formgenus: *Toripunctisporites* KRUTZSCH 1959*Toripunctisporites punctiadieniensis* (KRUTZSCH 1954) KRUTZSCH 1959

Abb.: Taf. I, Nr. 12

Größe: 35–40 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten

Stratigr. Verbreitung: Paläozän selten, Eozän typisch, Oligozän fraglich

Bot. Zugeh.: Ungeklärt

Toripunctisporites sp.

Unter diesem Begriff wurden alle Formen mit dreieckig-konvexer Äquatorkontur, schwach ausgebildeten Tori und rugulater bis punctater Exine zusammengefaßt.

6. Formgenus: *Toroisporis* KRUTZSCH 1959*Toroisporis (Toroisporis) punctus* (PFLUG 1953) KRUTZSCH 1959

Abb.: Taf. I, Nr. 13

Größe: 40 μ

Auftreten: Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: Sicher Lias bis Unter-Oligozän

Bot. Zugeh.: Ungeklärt

Toroisporis sp.

Äquatorkontur dreieckig, Seiten verlaufen gerade. Exine leicht intrapunctat bis fast glatt. Y-Narbe erreicht den Äquator nahezu. Kräftige Tori, die an den Enden der Y-Strahlen ausgeprägte Disken bilden.

Größe: 32 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Untere Bunte Molasse

7. Formgenus: *Concavisporites* PFLUG 1953*Concavisporites acutus* PFLUG 1953

Abb.: Taf. I, Nr. 10—11

Größe: 25—35 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse
Stratigr. Verbreitung: Paläozän bis Oligozän

Bot. Zugeh.: Gleicheniaceae ?

Concavisporites sp.

Abb.: Taf. II, Nr. 1

Hierher wurden alle Sporites mit dreieckig-konkaver Äquatorkontur und starken, spitzwinklig zusammenlaufenden Tori gestellt, die nicht genauer bestimmt werden konnten.

d. Formgenusgruppe: **Apiculati** (B. & K. 1868) R. POTONIÉ & KREMP 19548. Formgenus: *Echinatisporites* KRUTZSCH 1959*Echinatisporites* sp.

Abb.: Taf. II, Nr. 2, 4

Diesem Genus wurden alle Formen mit dünner, geradlinig verlaufender Dehiszenz-Narbe und deutlicher Bestachelung zugeordnet.

Größe: 25—55 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Baustein-Schichten, Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse

Bot. Zugeh.: Z. T. sicher Selaginellaceae, teilweise Beziehungen zu *Drosera*

9. Formgenus: *Baculatisporites* THOMSON & PFLUG 1953*Baculatisporites primarius* (WOLFF 1934) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. II, Nr. 3

Größe: 30 μ

Auftreten: Baustein-Schichten

Stratigr. Verbreitung: Durchläufer

Bot. Zugeh.: cf. *Pteridium*

10. Formgenus: *Verrucosisporites* IBRAHIM 1933cf. *Verrucosisporites quintus* (PFLUG & THOMSON 1953) KRUTZSCH 1959

Abb.: Taf. II, Nr. 5

Größe: ca. 50 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten

Stratigr. Verbreitung: Durchläufer

Bot. Zugeh.: *Osmunda*

cf. *Verrucosisporites* ? *caelatus* (R. POT. 1934) KRUTZSCH 1959

Abb.: Taf. II, Nr. 6

Größe: 24 μ

Auftreten: Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: Eozän bis Ober-Oligozän

Bot. Zugeh.: *Lycopodium*

11. Formgenus: *Trilites* COOKSON 1947 ex. COUPER 1953*Trilites solidus* (R. POT. 1934) KRUTZSCH 1954

Abb.: Taf. II, Nr. 7

Größe: 50—60 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten

Stratigr. Verbreitung: Eozän bis Oligozän

Bot. Zugeh.: *Lygodium* oder *Lycopodium*12. Formgenus: *Microreticulatisporites* (KNOX 1950)

R. POT & KREMP 1954

Microreticulatisporites reissingeri KRUTZSCH 1959

Abb.: Taf. II, Nr. 8

Größe: 22—25 μ

Auftreten: Untere Bunte Molasse (allochthon)

Stratigr. Verbreitung: Eozän

Bot. Zugeh.: cf. *Lycopodium*13. Formgenus: *Cicatricosisporites* R. POT. & GELL. 1933*Cicatricosisporites* sp.

Abb.: Taf. I, Nr. 1

Unter diesem Begriff wurden einige wenige Exemplare zusammengefaßt mit folgendem Habitus: Aquaturkontur dreieckig, canaliculate Skulptur, keine Foveen sichtbar. In der Anordnung der Bastionen entspricht die Form *Cicatricosispor. mohrioides* DELCOURT & SPRUMONT.

Größe: 35 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Baustein-Schichten

Bot. Zugeh.: Schizaeaceae

Apiculati

Abb.: Taf. II, Nr. 13, 14

Diese Sammelgruppe enthält solche Formen, deren Exine bestachelt ist oder Baculi trägt, die aber nicht näher zu bestimmen sind. Im allgemeinen dürften diese Exemplare zu den sogenannten „älteren Formen“ gehören (Erläuterungen dazu S. 78).

II. Abteilung: *Monoletes* IRAHIM 193314. Formgenus: *Laevigatosporites* (R. POT. & VEN. 1934)

THOMSON & PFLUG 1953

Laevigatosporites haardtii (R. POT. & VEN. 1934) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. II, Nr. 9—10

Größe: 25—65 μ

Auftreten: Baustein-Schichten, Untere Bunte Molasse

Stratigr. Verbreitung: Durchläufer

Bot. Zugeh.: Polypodiaceae

15. Formgenus: *Verrucatosporites* THOMSON & PFLUG 1953*Verrucatosporites secundus* (R. POT. 1934) KRUTZSCH 1959

Abb.: Taf. II, Nr. 12

Größe: 40 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Untere Bunte Molasse

Stratigr. Verbreitung: Unter-Eozän bis Oligozän regelmäßig

Bot. Zugeh.: Polypodiaceae

16. Formgenus: *Reticuloidosporites* THOMSON & PFLUG 1953*Reticuloidosporites (Polypodiisporites) favus* (R. POT. 1931) KRUTZSCH 1959

Abb.: Taf. II, Nr. 11

Größe: 25—35 μ Auftreten: Baustein-Schichten, Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse
Stratigr. Verbreitung: Durchläufer

Bot. Zugeh.: Polypodiaceae

B. Oberabteilung: **Pollenites** R. POTONIÉ 1931I. Abteilung: **Bilaterales** PFLUG 19531. Formgenus: *Monocolpopollenites* PFLUG & THOMSON 1953*Monocolpopollenites zieveleensis* PFLUG 1953

Abb.: Taf. III, Nr. 1

Größe: 25 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten (allochthon)

Stratigr. Verbreitung: Bisher nur im ältesten Tertiär gefunden

Bot. Zugeh.: Spadiciflorae oder Ginkgophytae möglich

Monocolpopollenites tranquillus (R. POT. 1934) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. III, Nr. 2

Größe: 30—40 μ

Auftreten: Baustein-Schichten, Konglomerate der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: Stärkste Verbreitung im Eozän und Unter-Oligozän

Bot. Zugeh.: Palmae wahrscheinlich

Monocolpopollenites areolatus (R. POT. 1934) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. III, Nr. 3—4

Größe: 18—35 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten

Stratigr. Verbreitung: Im älteren Mittel-Tertiär häufig, nicht oberhalb vom Miozän beobachtet.

Bot. Zugeh.: Palmae

Monocolpopollenites serratus (R. POT. & VEN. 1934) THOMSON & PFLUG 1954

Abb.: Taf. III, Nr. 5

Größe: 17—35 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Baustein-Schichten, Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: Ab Wealden bekannt, in größeren Mengen typisch für Mittel- bis Jung-Tertiär

Bot. Zugeh.: *Sciadopitys**Monocolpopollenites* sp.

Abb.: Taf. III, Nr. 7

Glatte ovale Form mit scharf eingeschnittenem Colpus und ausgeprägten Randwülsten.
Tritt nur in einem Exemplar auf.Größe: 30 μ

Auftreten: Untere Bunte Molasse

II. Abteilung: **Inapertures** PFLUG & THOMSON 19532. Formgenus: *Inaperturopollenites* PFLUG & THOMSON 1953*Inaperturopollenites magnus* (R. POT. 1934) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. III, Nr. 9

Größe: 50—55 μ

Auftreten: Konglomeratserie der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: Durchläufer

Bot. Zugeh.: *Larix**Inaperturopollenites dubius* (R. POT. & VEN. 1934) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. III, Nr. 6; hiatus: Taf. III, Nr. 10

Größe: 18—40 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Baustein-Schichten, Untere Bunte Molasse

Stratigr. Verbreitung: Durchläufer

Bot. Zugeh.: Cupressineae (hiatus: evtl. *Taxodium*)*Inaperturopollenites polyformosus* (THIERG. 1937) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. III, Nr. 11

Größe: 15—18 μ (sehr klein)

Auftreten: Baustein-Schichten, Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: In größeren Mengen bezeichnend für Mittel- bis Jung-Tertiär

Bot. Zugeh.: *Sequoia**Inaperturopollenites emmaensis* (MÜRR. & PFLUG 1952) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. III, Nr. 8

Größe: 17—32 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten

Stratigr. Verbreitung: Eozän bis Oligozän

Bot. Zugeh.: Wahrscheinlich Cupressineae

III. Abteilung: **Saccites** ERDTMAN 19473. Formgenus: *Zonalapollenites* PFLUG 1953*Zonalapollenites igniculus* (R. POT. 1931) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. III, Nr. 12

Größe: 50—100 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: Mittel- bis Jung-Tertiär

Bot. Zugeh.: *Tsuga*4. Formgenus: *Pityosporites* SEWARD 1914*Pityosporites microalatus* (R. POT. 1934) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. III, Nr. 13—14

Größe: 55—75 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Baustein-Schichten, Konglomerate der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: Durchläufer mit Maximum im Mittel-Tertiär

Bot. Zugeh.: *Pinus*

Pityosporites labdacus (R. POT. 1934) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. IV, Nr. 1

Größe: 65—85 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Baustein-Schichten, Konglomerate der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: Durchläufer, in größeren Mengen ab Miozän

Bot. Zugeh.: *Pinus**Pityosporites alatus* (R. POT. 1934) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. IV, Nr. 2

Größe: 50—110 μ

Auftreten: Untere Bunte Molasse

Stratigr. Verbreitung: Mittel- bis Jung-Tertiär regelmäßig

Bot. Zugeh.: *Picea**Pityosporites* sp.

Abb.: Taf. IV, Nr. 3—4

Bei dieser Spezies scheint es sich um mesozoische umgelagerte Formen zu handeln. Sie zeichnen sich durch grobreticulate Anordnungen der Stäbchen in den Luftsäcken wie auch des Zentralkorns aus. Luftsäcke überhalbkugelig, haben oft nach außen keinen festen geraden Rand, sondern sind zerlappt. Um das Zentralkorn herum ca. 3 μ breiter Kamm. Gelegentlich zeigt das Korn Querstreifung. Unter den jüngeren Formen ist es am ehesten mit *Pinus microsibirica* (ZAKLINSKAJA 1957) zu vergleichen. Die Querstreifung deutet jedoch auf mesozoische Herkunft hin.

Größe: 60—75 μ (größer als *Pinus microsibirica*)

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse

IV. Abteilung: **Brevaxones** PFLUG 19535. Formgenus: *Extratriporopollenites* PFLUG 1953*Extratriporopollenites pseudogranifer* PFLUG 1953

Abb.: Taf. V, Nr. 1

Größe: 25—30 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse (allochthon)

Stratigr. Verbreitung: Häufig in der Oberkreide und im Alttertiär

Bot. Zugeh.: Ungeklärt

Extratriporopollenites thiergarti (R. POT. 1951) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. V, Nr. 2

Größe: 37 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten (allochthon)

Stratigr. Verbreitung: Bezeichnend für tiefstes Tertiär, im Unter-Eozän vereinzelt auftretend

Bot. Zugeh.: Ungeklärt

Extratriporopollenites hemiperfectus PFLUG 1953

Abb.: Taf. V, Nr. 3

Größe: 24 μ

Auftreten: Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse (allochthon)

Stratigr. Verbreitung: Aachener Senon

Bot. Zugeh.: Ungeklärt

6. Formgenus: *Triatriopollenites* PFLUG 1953*Triatriopollenites excelsus* (R. POT. 1934) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. V, Nr. 4

Größe: 19—22 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten (allochthon)

Stratigr. Verbreitung: Paläozän, Eozän. Die von THOMSON & PFLUG aufgestellten Unterarten reichen teilweise bis in das Oligozän hinein.

Bot. Zugeh.: Myricaceae möglich

Triatriopollenites myricoides (KREMP 1949) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. V, Nr. 5

Größe: 22—24 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Baustein-Schichten, Konglomerate der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: Eozän bis Tieferes Miozän

Bot. Zugeh.: Vielleicht Myricaceae

Triatriopollenites cf. bituitus (R. POT. 1931) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. V, Nr. 9

Größe: 25—27 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten

Stratigr. Verbreitung: Durchläufer

Bot. Zugeh.: Myricaceae wahrscheinlich

Triatriopollenites coryphaeus (R. POT. 1931) THOMSON & PFLUG 1953subfsp. *punctatus* (R. POT. 1931) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. V, Nr. 6

Größe: 18—22 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Baustein-Schichten, Untere Bunte Molasse

Stratigr. Verbreitung: Durchläufer

Bot. Zugeh.: Myricaceae wahrscheinlich

subfsp. *microcoryphaeus* (R. POT. 1931) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. V, Nr. 7

Größe: 15—18 μ Auftreten: Wie *punctatus*Stratigr. Verbreitung: Wie *punctatus*Bot. Zugeh.: Myricaceae wahrscheinlich, *Engelhardtia* nicht ausgeschlossen7. Formgenus: *Trivestibulopollenites* PFLUG 1953*Trivestibulopollenites prominens* PFLUG 1953

Abb.: Taf. V, Nr. 10

Größe: ca. 30 μ

Auftreten: Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: Ungeklärt, sicher Eozän bis Miozän

Bot. Zugeh.: Betulaceae möglich

Trivestibulopollenites betuloides PFLUG 1953

Abb.: Taf. V, Nr. 8, 11

Größe: 20—30 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Baustein-Schichten, Cyrenen-Schichten

Stratigr. Verbreitung: Durchläufer

Bot. Zugeh.: *Betula*

8. Formgenus: *Subtriporopollenites* PFLUG & THOMSON 1953*Subtriporopollenites simplex* (R. POT. & VEN. 1934) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. V, Nr. 13

Größe: ca. 25 μ

Auftreten: Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: Vor allem im Alt-Tertiär auftretend

Bot. Zugeh.: *Carya**Subtriporopollenites constans* PFLUG 1953

Abb.: Taf. V, Nr. 12

Größe: 26 μ

Auftreten: Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse (allochthon)

Stratigr. Verbreitung: Paläozän häufig, Eozän selten

Bot. Zugeh.: Juglandaceae möglich.

9. Formgenus: *Intratriporopollenites* PFLUG & THOMSON 1953*Intratriporopollenites rhizophorus* (R. POT. 1934) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. V, Nr. 15

Größe: 20 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten

Stratigr. Verbreitung: Typisch für Eozän

Bot. Zugeh.: Ungeklärt

Intratriporopollenites instructus (R. POT. & VEN. 1934) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. V, Nr. 14

Größe: ca. 30 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Konglomerate der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: Durchläufer, ab Mittel-Tertiär regelmäßig

Bot. Zugeh.: *Tilia*10. Formgenus: *Polyvestibulopollenites* PFLUG 1953*Polyvestibulopollenites (Alnipollenites) verus* (R. POT. 1934) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. V, Nr. 16/17

Größe: 18—25 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Untere Bunte Molasse

Stratigr. Verbreitung: Durchläufer, im Alt-Tertiär seltener

Bot. Zugeh.: *Alnus*11. Formgenus: *Polyporopollenites* PFLUG 1953*Polyporopollenites validus* PFLUG 1953

Abb.: Taf. VI, Nr. 1

Größe: 30 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Baustein-Schichten, Untere Bunte Molasse

Stratigr. Verbreitung: Bezeichnend für ältestes Tertiär

Bot. Zugeh.: Ulmaceae möglich

Polyporopollenites undulosus (WOLFF 1934) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. VI, Nr. 2

Größe: 23 μ

Auftreten: Untere Bunte Molasse

Stratigr. Verbreitung: Mittel- bis Jung-Tertiär

Bot. Zugeh.: Ulmaceae

Polyporopollenites stellatus (R. POT & VEN. 1934) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. VI, Nr. 3

Größe: 25 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten

Stratigr. Verbreitung: Ober-Eozän bis Pleistozän, Maximum im Miozän

Bot. Zugeh.: Juglandaceae

cf. *Polyporopollenites carpinoides* PFLUG 1953

Abb.: Taf. VI, Nr. 4/5

Größe: 25—35 μ

Auftreten: Baustein-Schichten, Cyrenen-Schichten

Stratigr. Verbreitung: Mittel- bis Jung-Tertiär

Bot. Zugeh.: *Carpinus*

12. Formgenus: *Porocolpopollenites* PFLUG 1953

Porocolpopollenites rotundus (R. POT. 1931) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. VI, Nr. 6

Größe: 25 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten

Stratigr. Verbreitung: Mittel-Tertiär regelmäßig

Bot. Zugeh.: Symplocaceae

Triporates

Unter dieser Bezeichnung werden alle deutlich dreiporigen Formen verschiedenster Größe geführt, die auf Grund ihres schlechten Erhaltungszustandes nicht näher bestimmt werden konnten.

V. Abteilung *Longaxones* PFLUG 1953

13. Formgenus: *Tricolpopollenites* PFLUG & THOMSON 1953

cf. *Tricolpopollenites henrici* (R. POT. 1931) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. VI, Nr. 7

Größe: ca. 35 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten

Stratigr. Verbreitung: Durchläufer, Maximum im Mittel-Tertiär

Bot. Zugeh.: Cupuliferae

Tricolpopollenites microhenrici (R. POT. 1931) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. VI, Nr. 8

Größe: 25—30 μ

Auftreten: Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: Durchläufer

Bot. Zugeh.: Cupuliferae

Tricolpopollenites liblarensis (THOMSON 1950) THOMSON & PFLUG 1953

subfsp. *liblarensis* (THOMSON 1950) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. VI, Nr. 9

Größe: 18—21 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten

Stratigr. Verbreitung: Durchläufer, im jüngeren Tertiär seltener

Bot. Zugeh.: Cupuliferae

subfsp. *fallax* (R. POT. 1934) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. VI, Nr. 10

Größe: 16—18 μ

Auftreten: Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: Massenaufreten im Alt-Tertiär, selten im Mittel-Tertiär

Bot. Zugeh.: Cupuliferae

cf. *Tricolpopollenites parmularius* (R. POT. 1934) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. VI, Nr. 11

Größe: 30 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten

Stratigr. Verbreitung: Alt-Tertiär regelmäßig, Mittel-Tertiär selten

Bot. Zugeh.: Ungeklärt

Tricolpopollenites retiformis PFLUG & THOMSON 1953

Exine zeigt deutliche baculate Struktur. Sowohl die ellipsoidische als auch die kugelige Form treten auf. Sie sollen als *Salix*-Typ⁴⁾ (ellipsoidische Form) und *Platanus*-Typ (kugelige Form) bezeichnet werden.

Salix-Typ:

Abb.: Taf. VI, Nr. 12

Größe: 20—25 μ

Auftreten: Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: Durchläufer

Platanus-Typ:

Abb.: Taf. VI, Nr. 13/14

Größe: 20—25 μ

Auftreten: Baustein-Schichten, Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: Durchläufer

Tricolpopollenites sp. sp.

Cruciferen-Typ:

Abb.: Taf. VI, Nr. 15

Die Spezies liegt nur in einer Polansicht vor, die jedoch gute Übereinstimmung sowohl mit der Abb. 74, Taf. 4 in SELLING (1946) als auch mit der Diagnose (S. 110/112) zeigt.

Exine ca. 2,5 μ dick, reticulate Skulptur.

Größe: 26 μ

Auftreten: Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse

Oleaceen-Typ:

Abb.: Taf. VI, Nr. 17

Von der Spezies liegen nur zwei Polansichten vor. Bezeichnend ist die dünne Exine mit kräftiger reticulater Skulptur.

Durchmesser der Netzmaschen 0,5—1,0 μ . Eine entsprechende Form bildet ERDTMAN (1952, S. 298) unter der Bezeichnung *Jasminum humile* ab.

Größe: 28—30 μ

Auftreten: Baustein-Schichten

⁴⁾ Unter „Typ“ ist im folgenden immer eine morphologische Ähnlichkeit mit den jeweiligen rezenten Pollenformen zu verstehen. Damit soll nicht gesagt werden, daß die Formen den botanischen Gattungen zuzuordnen sind.

14. Formgenus: *Tricolporopollenites* PFLUG & THOMSON 1953*Tricolporopollenites pseudocingulum* (R. POT. 1931) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. VI, Nr. 16

Größe: 25—35 μ Auftreten: Tonmergel-Schichten, Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse
Stratigr. Verbreitung: Durchläufer, häufig im Mittel- bis Jungteritär

Bot. Zugeh.: Anacardiaceae

Tricolporopollenites cingulum (R. POT. 1931) THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: Taf. VI, Nr. 18

Größe: 16—18 μ Auftreten: Tonmergel-Schichten, Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse
Stratigr. Verbreitung: Durchläufer

Bot. Zugeh.: Ungeklärt

Tricolporopollenites satzveyensis PFLUG 1953

Abb.: Taf. VII, Nr. 6

Größe: 34 μ Auftreten: Baustein-Schichten (allochthon)
Stratigr. Verbreitung: Ober-Campan bis Ober-Eozän
Bot. Zugeh.: Ungeklärt*Tricolporopollenites microreticulatus* PFLUG & THOMSON 1953

Unter diesem Begriff werden zwei Spezies zusammengefaßt. Schon THOMSON & PFLUG (1953, S. 106) unterteilen die Spezies in die Form *elongata* und die Form *globosa*. Die ellipsoidische Form wird hier als *Sambucus*-Typ, die kugelige als *Viburnum*-Typ bezeichnet.

Sambucus-Typ:

Abb.: Taf. VI, Nr. 19; Taf. VII, Nr. 1

Sowohl Ektexine als auch Endexine sind deutlich intrabaculat. In der Aufsicht erscheinen die Baculi reticulat geordnet. Meridional gestreckter Porus, von Cavernae umschrieben. Wahrscheinlich gehört REINS „Tricolporopoll. XIV“ hierher.

Größe: ca. 25 μ Auftreten: Baustein-Schichten, Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse
Stratigr. Verbreitung: Ungeklärt*Viburnum*-Typ:

Abb.: Taf. VII, Nr. 2—4

Exine deutlich zweischichtig, beide Schichten deutlich intrabaculat. Baculi zu Netzen geordnet. Extexine am Äquator doppelt so stark wie Endexine, an den Polen ungefähr gleiche Stärke. Großer runder, über die Cavernae hinausgreifender Porus deutlich sichtbar.

Größe: 19—22 μ Auftreten: Untere Bunte Molasse
Stratigr. Verbreitung: Ungeklärt*Tricolporopollenites microiliacus* PFLUG & THOMSON 1953

Abb.: Taf. VII, Nr. 5

Größe: 19 μ Auftreten: Baustein-Schichten
Stratigr. Verbreitung: Ungeklärt
Bot. Zugeh.: Ungeklärt

Tricolporopollenites sp. sp.

Compositen-Typ:

Abb.: Taf. VII, Nr. 7—9

Starke, deutlich zweischichtige Exine. Ekt- und Endexine intrabaculat. Baculi erscheinen auf der Oberfläche z. T. als Netz. Exine zusätzlich kräftig bestachelt. Die Stacheln sitzen der Ektexine mit breiter Basis auf. Die bei SELLING (1946, Taf. 51/52) abgebildeten Formen haben insgesamt kleine, z. T. nicht sichtbare Poren, so daß es nicht sicher ist, ob die großporige Form dieser Gruppe angehört.

Größe: 20—35 μ (incl. Stacheln)

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Baustein-Schichten, Untere Bunte Molasse

Stratigr. Verbreitung: Nach der bisherigen Auffassung von KUYL, MULLER & WATERBOLK (1955) treten die Compositen erst vom Miozän an auf. Umlagerung ist hier ausgeschlossen.

Fagus-Typ:

Abb.: Taf. VII, Nr. 10

Formen mit kugelige Figura. Ektexine und Endexine gut zu unterscheiden. Ektexine intrabaculat. Baculi sind zu undeutlichen, engmaschigen Netzen geordnet. Großer Porus, bis 5 μ Durchmesser, der weit über die Cavernae hinausgreift. REIN (1959, Taf. 2, Fig. 69) bildet die gleiche Form ebenfalls unter der Bezeichnung *Fagus*-Typ ab.

Größe: 30—45 μ

Auftreten: Baustein-Schichten, Konglomerat-Serie der Unteren Bunten Molasse

15. Formgenus: *Periporopollenites* PFLUG & THOMSON 1953*Periporopollenites perforatus* (R. POT. 1931) PFLANZL 1956

Abb.: Taf. VII, Nr. 11

Kugelige Formen, deren Oberfläche gleichmäßig mit einer Vielzahl von kreisrunden Poren bedeckt ist. Durchmesser der Poren nicht über 2 μ . Poren sind von kleinem Exinenwall umgeben. Exine zwischen den Poren punctat. — Die bei PFLANZL (1956) aufgeführten Synonyma stimmen nicht mit der *perforatus*-Form überein. In beiden Fällen handelt es sich um kugelige Arten mit wenigen großen Poren.

Größe: 25—35 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Baustein-Schichten, Untere Bunte Molasse

Stratigr. Verbreitung: Oligozän, Miozän

Bot. Zugeh.: Wahrscheinlich Chenopodiaceae

Periporopollenites multistigmus (R. POT. 1931) n. comb.

Abb.: Taf. VII, Nr. 12

Kugelige Form, Oberfläche mit zahlreichen Poren bedeckt, die zum Unterschied zur *perforatus*-Form größer und nicht so gleichmäßig verteilt sind. Durchmesser der Poren bis zu 4 μ . Um die Poren herum ist ein deutlicher Exinen-Wall ausgebildet. Exine zwischen den Poren verwaschen punctat. — Die von THOMSON & PFLUG (1953) aufgestellte Spezies *Periporopoll. multiporatus* ist hinfällig, da sie *Periporopoll. multistigmus* in allen Merkmalen entspricht.

Größe: ca. 30 μ

Auftreten: Baustein-Schichten, Untere Bunte Molasse

Stratigr. Verbreitung: Oligozän, Miozän

Bot. Zugeh.: Chenopodiaceae

16. Formgenus: *Monoporopollenites* MEYER 1956*Monoporopollenites gramineoides* MEYER 1956

Abb.: Taf. IV, Nr. 7

Größe: ca. 30—50 μ

Auftreten: Baustein-Schichten, Konglomerat-Serie der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: Miozän

Bot. Zugeh.: Gramineae

Monoporopollenites sparganioides MEYER 1956

Abb.: Taf. IV, Nr. 5/6

Größe: ca. 30 μ

Auftreten: Baustein-Schichten, Cyrenen-Schichten, Untere Bunte Molasse

Stratigr. Verbreitung: Miozän

Bot. Zugeh.: cf. *Sparganium*VI. Abteilung: **Massuloidae** PFLUG 1953*Tetradopollenites* sp.

Abb.: Taf. VIII, Nr. 3

Es wurde nur ein Exemplar dieser Art gefunden. Von den vier Einzelpollen sind nur drei sichtbar. Exine ca. 2 μ dick, Ektexine und Endexine gleich stark. Exine wahrscheinlich ursprünglich glatt.

Größe: 35 μ

Auftreten: Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse

Classopollis sp.

Abb.: Taf. VIII, Nr. 1

Bestimmung nach PFLUG (1953, S. 74, Taf. 16, Fig. 39—41). Die gefundene Tetrade zeigt deutlich den Viererkontakt der langgestreckten Formen am Äquator, wodurch die Einordnung zu diesem Formgenus gerechtfertigt erscheint. Aussagen über den Aufbau der Germinalien können nicht gemacht werden. Dadurch ist die Zuordnung dieser Form zu einer Spezies unmöglich.

Größe: 35 μ (Einzelkorn)

Auftreten: Tonmergel-Schichten (allochthon)

Stratigr. Verbreitung: Lias

Bot. Zugeh.: Ungeklärt

In das System nicht einzuordnende Sporomorphae:

Ephedra-Typ:

Abb.: Taf. VIII, Nr. 2

Die Formen dieses Typs sind in das System von THOMSON & PFLUG nicht einzuordnen. Nachdem ERDTMAN (1952, S. 14) noch eine recht allgemeine Beschreibung des Ephedra-Pollens gibt, hat MACKO (1957, S. 77) ihren Bau genau studiert. Er schreibt: „Pollen grain regularly ellipsoidal, in outline elliptical, more or less deformed in fossil state. Exine of pollen grain fairly thick, two layered. Elongate, narrow folds, joining at the ends on both poles of the pollen grain, run meridionally on the surface of the extoexine, along the major axis. These folds, 12—16 in number, are slightly fussiform, and have short, rather densely distributed, transversal grooves on their edges.“ Diese Diagnose trifft auch auf das hier gefundene Exemplar zu. Allerdings ist die Zahl der Falten nicht genau festzustellen. Die von KIRCHHEIMER (1950), POTONIÉ (1960) und KUYL, MULLER & WATERBOLK (1955) abgebildeten und beschriebenen Ephedra-Formen stimmen mit dem von mir gefundenen Exemplar nicht überein. Diese Formen sind wesentlich gedrungener, die Pole erscheinen überhalbkugelig. Die meridionalen Falten sind schwächer ausgebildet. Das in den Tonmergel-Schichten gefundene Exemplar, das in seinem äußeren Habitus vollständig mit der von MACKO (1957) beschriebenen Form übereinstimmt, hat ausgeprägte lappige Falten. Die Querrinnen auf den Falten sind angedeutet.

Die großen Unterschiede im Aufbau der Ephedra-Pollen lassen vermuten, daß es sich bei den beschriebenen Formen um zwei selbständige Arten handelt.

Größe: 45 μ (MACKO: 40—50 μ)

Auftreten: Tonmergel-Schichten

Stratigr. Verbreitung: Sicher Oligozän und Miozän

Varia

Abb.: Taf. VIII, Nr. 4/5

Bei den *Varia* handelt es sich fast ausschließlich um angenähert runde, plattige Formen, die infolge starker Korrosion nicht näher zu identifizieren sind.

Größe: 25—60 μ

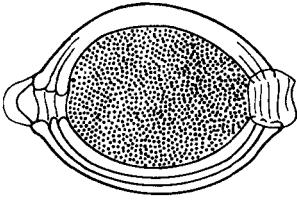


Abb. 4. cf. *Diporina neuburgae*. Vergr. ca. 1300 x.

Sonstige Reste:

Ovoidites ligneolus (R. POT. 1931) R. POT. 1951

Abb.: Taf. VIII, Nr. 9/10

Die auftretenden Exemplare dürften nach der Beschreibung von KRUTZSCH (1959, S. 250/251) den Subformspezies *intermedius* (RAATZ 1937) und *minor* (RAATZ 1937) angehören. Größe: 60—120 μ

Auftreten: Tonmergel-Schichten, Baustein-Schichten, Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse

Stratigr. Verbreitung: Eozän bis Oligozän selten, Miozän bis Pliozän häufig.

Wahrscheinlich tierischer Herkunft

Hystrichosphaeridae

Abb.: Taf. VIII, Nr. 6—8

Die in den brackischen und marinen Horizonten des untersuchten Profils auftretenden *Hystrichosphaeridae* gehören mindestens drei verschiedenen Gattungen an. Genaue Bestimmungen wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt.

Die biologische Zugehörigkeit der *Hystrichosphaeridae* ist noch nicht vollständig geklärt. Einige Arten dürften zu den Dinoflagellaten zu stellen sein. Eine Zusammenstellung der Autoren, die sich mit diesen Fragen beschäftigt haben, findet sich bei MAIER (1959). MAIER selbst konnte nachweisen, daß die Hüllen der *Hystrichosphaeridae* aus einer innigen Durchmischung von Kieselsäure und organischer Substanz bestehen. Auf Grund gleicher Lumineszenz-Effekte bei tierischem Eiweiß und der organischen Substanz der *Hystrichosphaeridae*, in Verbindung mit dem von KLUMPP (1953) geführten Nachweis der Selbständigkeit der *Hystrichosphaeridae* als Organismengruppe, nimmt MAIER (1959) an, daß es sich bei diesen Formen um Zooplankton handelt. Eine mögliche Verwandtschaft zu den Radiolarien wird von MAIER angedeutet.

cf. *Diporina neuburgae* BOLKHOVITINA 1953

Diese in einem einzigen Exemplar auftretende Form ist nur teilweise mit der von BOLKHOVITINA (1953, in: *Catalog of Fossil Spores and Pollen* 8—146) abgebildeten und beschriebenen Form zu vergleichen. Das hier gefundene Exemplar ist kleiner, die Exine ist stärker als in der Diagnose angegeben. Gute Übereinstimmung im Porenbau. VAN DER HAMMEN (1954) ist der Meinung, daß es sich bei diesen Formen nicht um Sporomorphen, sondern um Algcysten handelt (Abb. 4).

Größe: 30 μ

Auftreten: Konglomerat-Serie der Unteren Bunten Molasse (allochthon)

Stratigr. Verbreitung: Campan

III. Die graphische Darstellung der Untersuchungsergebnisse

Um aus dem Auftreten und der Verbreitung der Sporomorphen Gesetzmäßigkeiten ableiten zu können, wurden die Untersuchungsergebnisse in verschiedenen Diagrammen ausgewertet.

Die aus den Diagrammen zu entnehmenden Werte sind, außer in dem konstruierten Idealprofil, Stückzahlen (1 mm Säule = 2 Exemplare). Da die Exemplarzahl pro Probe meist sehr gering war, mußte darauf verzichtet werden, den Anteil der einzelnen Formen in Prozenten

anzugeben. Es sind jedoch von jeder Sporomorphen führenden Probe zwei Präparate vollständig durchgemustert worden, dadurch basieren die Zahlenwerte auf einer stets gleichgroßen Untersuchungsfläche und sind vergleichbar.

In den sporologischen Gesamtdiagrammen (Beilage 7 a—c) erscheinen neben Spezies auch Gattungen, was einestheils auf den schon erwähnten schlechten Erhaltungszustand der Sporomorphen, andererseits auf die teilweise geringe Exemplarzahl innerhalb der Spezies zurückzuführen ist, die eine Aufgliederung der Gattungen nicht zweckmäßig erscheinen ließ. Alle drei Diagramme haben gleiche Köpfe, auch wenn einzelne Arten nicht auftreten. Durch den einheitlichen Aufbau der Gesamtdiagramme wird der Vergleich zwischen ihnen erleichtert.

Die auf diese Weise entstandenen Diagramme geben einen guten Überblick über die Sporomorphen-Führung des jeweiligen bearbeiteten Profils. Eine Ausnahme macht jedoch das Gesamtdiagramm der Bohrung E g l i n g 1. Die untersuchte Probenserie enthielt so wenig Sporomorphen, daß das aus den Zählprotokollen zusammengestellte Diagramm keinen Eindruck vermittelt. Es wurde demzufolge nicht mit in die Anlagen aufgenommen.

Die Summendiagramme (Beilage 8 a—c) sollen das jeweilige Verhältnis von Sporen zu Gymnospermen + Monocotyledonen und zu den Dicotyledonen zeigen. Außerdem wird in einer Spalte die Gesamtzahl der in jeder Probe gefundenen Sporomorphen dargestellt.

Die Spalte „Sporites“ enthält neben den sicher bestimmten Vertretern von Formspezies und -gattungen auch die bei den Einzeldarstellungen (Beilage 7 a—c) als „Sonstige Sporites“ bezeichneten Exemplare, da alle hierzu gestellten Formen deutlich als Sporen erkannt wurden. — Zu den Gymnospermen gehören alle Pityosporites und Inaperturopollenites sowie die Formen *Zonalapoll. igniculus* und *Monocolpopoll. serratus*. Die Monocotyledonen umfassen die Formspezies *Monocolpopoll. tranquillus*, *Monocolpopoll. areolatus* und die mit Gramineen bzw. *Sparganium* vergleichbaren beiden Formen der Monoporopollenites.

Die Gymnospermen und Monocotyledonen wurden in einer Spalte zusammen erfaßt, da sich innerhalb des morphographischen Systems die Klassen der Gymnospermen und die Monocotyledonen besonders schwer trennen lassen. *Monocolpopoll. tranquillus* und *Monocolpopoll. areolatus* gehören den Palmae an, während *Monocolpopoll. serratus* zu den Coniferae zu stellen ist.

Alle übrigen in den Gesamtdiagrammen enthaltenen Formen sind den Dicotyledonen zuzurechnen.

Die Gesamtsumme der Sporomorphen ist teilweise etwas höher als sich durch Addition der in den drei vorangegangenen Spalten dargestellten Exemplarzahlen ergibt. Diese letzte Spalte enthält auch alle unbestimmten Sporomorphen.

Als „unbestimmt“ werden die Formen bezeichnet, die noch als Sporomorphen zu erkennen, aber so schlecht erhalten sind, daß sie nicht einmal in Sporites oder Pollenites gegliedert werden können.

Das für die Subalpine Molasse gezeichnete Durchschnittsdiagramm (Abb. 5) zeigt für jeden Schichtkomplex die auf Grund der Untersuchungsergebnisse für die einzelnen Sporomorphen-Gruppen errechneten Mittelwerte.

Die Anregung, allochthone und autochthone Formen getrennt zur Darstellung zu bringen, erhielt ich durch eine Arbeit HAGNS (1950) über Umlagerungsvorgänge in der Subalpinen Molasse. In die Diagramme (Beilage 9 a—b)

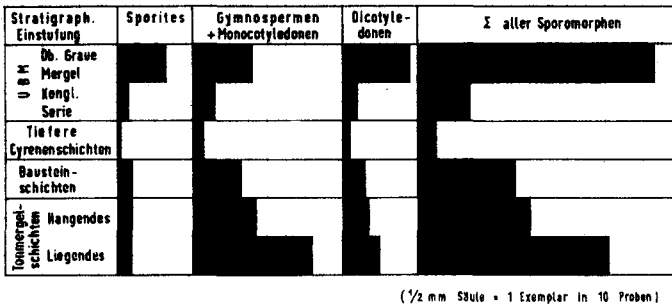


Abb. 5. Sporologisches Durchschnittsdiagramm durch die Gefaltete Molasse der Murnauer Mulde.

wurden nur sicher bestimmte Formen aufgenommen. — *Triatriopoll. excelsus* kann noch im Oligozän vorkommen, wurde aber auf Grund seines Erhaltungszustandes zu den allochthonen Formen gestellt. Die Exine zeigt, wie bei den sicher umgelagerten Formen, z. B. *Extratripopoll. hemiperfectus*, eine intensive Braunfärbung.

Zu den allochthonen Spezies zählen:

<i>Divisispor. partitus</i> PFLUG 1953	Kreide — Eozän
<i>Concavispor. acutus</i> PFLUG 1953	Älteres Tertiär
<i>Microreticulatispor. reissingeri</i> KRUTZSCH 1959	Eozän
<i>Apiculati</i>	
<i>Monocolpopoll. zieveleensis</i> PFLUG 1953	Älteres Tertiär
<i>Pityospor. sp.</i>	
<i>Extratripopoll. pseudogranifer</i> PFLUG 1953	Obere Kreide — Alttertiär
<i>Extratripopoll. thiergarti</i> (R. POT. 1951) THOMSON & PFLUG 1953	Alttertiär
<i>Extratripopoll. hemiperfectus</i> PFLUG 1953	Senon
<i>Triatriopoll. excelsus</i> (R. POT. 1934) THOMSON & PFLUG 1953	bis Eozän
<i>Subtripopoll. constans</i> PFLUG 1953	Älteres Tertiär
<i>Polyporopoll. validus</i> PFLUG 1953	Älteres Tertiär
<i>Tricolporopoll. satzveyensis</i> PFLUG 1953	bis Eozän
<i>Classopollis sp.</i>	Lias

Von einer Aufnahme der Zähltabellen in die Arbeit wurde Abstand genommen, da in den Gesamtdiagrammen alles beobachtete Material enthalten ist.

C. Sporenstratigraphische Ergebnisse

I. Das Auftreten der Sporomorphen im stratigraphischen Profil

a. Die Deutenhausener Schichten

Von den 8 aus den Deutenhausener Schichten im Ammerprofil entnommenen Proben war nur eine fossilführend. Sie enthielt folgende Formen:

cf. <i>Cicatricosispor. dorogensis</i> R. POT. & GELL. 1933	1 Stück
<i>Inaperturopoll. magnus</i> (R. POT. 1934) THOMSON & PFLUG 1953	2 Stück
<i>Inaperturopoll. dubius</i> (R. POT. & VEN. 1934) THOMSON & PFLUG 1953	11 Stück
<i>Monoporopoll. gramineoides</i> MEYER 1956	1 Stück

Außer der *dorogensis*-Form handelt es sich bei den aufgetretenen Exemplaren nur um Durchläufer. Das Auftreten von *Cicatricosispor. dorogensis* ist für die Deutenhausener Schichten ganz natürlich, da diese Spezies im Eozän regelmäßig mit mehreren Prozenten am Gesamtbild auftritt und ihre Ausläufer bis in das Oligozän hineinschickt (v. d. BRELIE, 1958; BROSIUS, 1958; BROSIUS & GRAMANN, 1959; HELAL, 1958; KRUTZSCH, 1957 und 1959). Gerade das geringe, aber noch regelmäßige Auftreten von *Cicatricosispor. dorogensis* unterscheidet das Oligozän vom Miozän und weist auf die vermittelnde Stellung des Oligozäns zwischen Alt- und Jungtertiär hin.

Insgesamt läßt sich aus diesem wenig charakteristischen Untersuchungsbefund nichts für die Deutenhausener Schichten ableiten. Er gibt weder Hinweise auf das immer noch umstrittene Alter des Schichtkomplexes noch auf seine Fazies.

b. Die Tonmergel-Schichten

Sie gehören neben den Oberen Grauen Mergeln der Unteren Bunten Molasse zu den an Sporomorphen reichsten Sedimenten der untersuchten Molasseserie. Sowohl in Bezug auf die Arten, als auch im Hinblick auf die Exemplarzahl fallen sie im Diagramm (Beilage 7 a) sofort auf. Nach den Untersuchungen läßt sich eine Zweiteilung des Komplexes in die oberen und in die unteren Tonmergel durchführen. Der Übergangsbereich zwischen beiden Abschnitten liegt in der Bohrung M u r n a u 1 ungefähr bei einer Teufe von 2250 m (Probe Nr. 129). Die Mächtigkeit der oberen Tonmergel beträgt ungefähr 800 m, die der unteren 650 m.

Innerhalb der Sporites ergeben sich für die Zweiteilung keine Anhaltspunkte, sie sind jedoch mehrfach bei den Pollenites vorhanden. Aus dem Summendiagramm (Beilage 8 a) ist deutlich eine Abnahme der Gymnospermen + Monocotyledonen vom Liegenden zum Hangenden hin zu beobachten. Im liegenden Abschnitt führen 24 von 30 Proben (Nr. 129—158) Sporomorphen dieser Gruppe, das sind 80 %. Von den hangenden 32 Proben (Nr. 97—128) enthalten nur 19 Proben Gymnospermen + Monocotyledonen, das sind ca. 60 %. Auch die Exemplarzahl zeigt zwischen Liegendem und Hangendem deutliche Unterschiede. Die 24 Proben im Liegenden enthalten im Durchschnitt ungefähr 3 Gymnospermen + Monocotyledonen, die hangenden 32 Proben führen höchstens 2 Formen dieser Gruppe. Diese Unterschiede werden vor allem durch das wechselnde Auftreten von *Inaperturopoll. dubius* + *hiatus* bedingt, was aus dem Diagramm (Beilage 7 a) ersichtlich ist.

Bei den Dicotyledonen ergeben sich zwar im Hinblick auf die Exemplarzahlen keine Unterschiede, jedoch sind ihre Vertreter im Liegenden regelmäßiger anzutreffen als im Hangenden. In der liegenden Serie führen 60 % der Proben Dicotyledonen, in der hangenden nur ca. 37 %.

Besonders deutlich werden die Unterschiede bei der Zusammenstellung aller gefundenen Sporomorphen. Im Liegenden treten Werte von 10 oder mehr Sporomorphen je Probe auf. Die durchschnittliche Exemplarzahl beträgt bei den liegenden Proben 5, im Hangenden 3. Zu beachten ist auch das unterschiedliche Auftreten der Hystrichosphaeridae, die im Liegenden häufig, im Hangenden jedoch nur vereinzelt vorkommen.

Bemerkenswert ist das Auftreten von einem Exemplar der Spezies *Polyvestibulopoll. verus* in Probe Nr. 157 und einem der Spezies *Periporopoll. perforatus* in Probe Nr. 154. Beide Typen sind sonst nicht in den Tonmergel-Schichten gefunden worden. In den beiden Ausnahmefällen treten sie in Proben mit starkem Nachfall-Anteil auf. Sie zeigen, wie relativ empfindlich das Sporomorphenbild auf Verunreinigungen reagiert. Für den umgekehrten Fall läßt sich daraus schließen, daß Verunreinigungen bei Probenuntersuchungen sofort erkannt werden können, wenn das Normalprofil genügend bekannt ist.

c. Baustein-Schichten

Die Baustein-Schichten nehmen in Bezug auf Lithologie und Fazies eine Zwischenstellung zwischen marinen Tonmergeln und limnisch-fluviatilen Sedimenten der konglomeratischen Unteren Bunten Molasse ein. Sie bestehen aus Kalkareniten, Kalkmergeln und Mergelsteinen. Die Sedimente sind also teilweise feinkörnig, wie in marinen Gesteinen, teils sandig-grob, wie in terrestrischen bzw. strandnahen Bildungen. ZEIL (1954, S. 59) erwähnt aus den sandigen Mergelzwischenlagen eine schlecht erhaltene Mikrofauna mit brackisch-marinem Charakter. Gleiches kann von den Sporomorphen gesagt werden. Sie treten zahlenmäßig gegenüber denjenigen der Tonmergelschichten stark zurück, was durch die schlechteren Erhaltungsmöglichkeiten in den größeren Sedimenten bedingt sein kann. Reichlich auftretende Hystrichosphaeridae deuten auf die marine Beeinflussung der Ablagerungen hin. Diese Merkmale konnten in den Profilen aus der Bohrung M u r n a u 2 und dem Nachtgraben (Beilage 7 b—c) beobachtet werden.

Im Diagramm der Bohrung M u r n a u 2 ist das Auftreten von *Monoporopoll. gramineoides* von Interesse. Diese Formen sind sonst nur in den limnisch-terrestrischen Sedimenten der Unteren Bunten Molasse zu finden. In den Baustein-Schichten treten sie in solchen Horizonten auf, die keine Hystrichosphaeridae enthalten. Eine Ausnahme macht die Probe Nr. 231. Für fazielle Betrachtungen ist bemerkenswert, daß sich *Inaperturopoll. dubius* und *Monoporopoll. gramineoides* fast immer gegenseitig ausschließen. Ein Vergleich zwischen Konglomeraten der Unteren Bunten Molasse und Baustein-Schichten zeigt, daß die terrestrischen Sedimente sich durch weniger Gymnospermen- und mehr Gramineen-Pollen gegenüber den brackischen der Baustein-Schichten auszeichnen (Beilage 7 a—b). Aus dem Auftreten dieser Formen lassen sich Rückschlüsse auf fazielle Wechsel innerhalb der Baustein-Schichten ziehen. Danach würden Horizonte, die Gramineen (*Monoporopoll. gramineoides*) enthalten, denen aber Gymnospermen (*Inaperturopoll. dubius*) und Hystrichosphaeridae fehlen, terrestrischen Einschaltungen innerhalb der brackischen Entwicklung entsprechen.

d. Die Tieferen Cyrenen-Schichten

In den 18 Proben der Tieferen Cyrenen-Schichten (Beilage 7 a) wurden nur wenige Sporomorphen gefunden, die keine klaren Aussagen zulassen. Auch Hystrichosphaeridae treten nur in der liegendsten Probe auf, die damit zu den darunter befindlichen Tonmergel-Schichten vermittelt. Das fast völlige Fehlen von Sporomorphen scheint für diesen Horizont bezeichnend zu sein, worauf auch einige andere Proben hinweisen. So hat aus der Bohrung E g l i n g 1 die

ebenfalls zu den Tieferen Cyrenen-Schichten zu stellende Probe Nr. 197 keine einzige Sporomorphe erbracht. Probe Nr. 15 aus dem Nachtgraben (Beilage 7c), die nach neuen Unterlagen der PREUSSAG zu den Cyrenen-Schichten zu stellen ist, erbrachte zwar 5 Sporomorphen, sie kann jedoch nicht als Gegenbeweis angeführt werden. Es ist nicht möglich, aus einer einzelnen Probe, die dazu nur einige uncharakteristische Formen erbracht hat, Gesetzmäßigkeiten abzuleiten. Somit bleibt die Tatsache bestehen, daß sich die Tieferen Cyrenen-Schichten gegenüber anderen Sedimentfolgen durch einen besonders geringen Sporomorphen-Gehalt auszeichnen.

Erklärbar ist diese Erscheinung nicht ohne weiteres. Wie die Untersuchungen gezeigt haben, sind Schichten mit brackischem bis marinem Einschlag besonders günstig für die Auffindung von Sporomorphen, während klastische terrestrische Sedimente infolge der ungünstigen Erhaltungsbedingungen einen geringen Gehalt an Sporomorphen aufweisen. Der zumindest teilweise brackische Charakter dieser Serie ist jedoch durch Characeenfunde und die bei ZEIL (1954, S. 59/60) zusammengestellte Mikrofauna bewiesen. Eigenartig ist die geringe Sporomorphenföhrung auch im Hinblick auf die in den Cyrenenschichten enthaltenen Kohlenschmitzen, die im allgemeinen in besonders reichem Maße Sporomorphen föhren.

Im Zusammenhang mit diesen Überlegungen ist die Arbeit von REIN (1959) von Bedeutung. Die von ihm untersuchten Philippsflöze der Haushamer Mulde, welche man mit den in der Bohrung M u r n a u 1 auftretenden Cyrenen-Schichten und den in ihnen enthaltenen Kohlenschmitzen parallelisieren kann, zeigen ein ähnliches Bild wie die erwähnten Cyrenen-Schichten. In Anlage 18 (REIN 1959) sind für das hangende Flöz nur einige *Inaperturopoll. magnus*-Formen und Pilzreste eingetragen worden. Das liegende Flöz föhrt zwar mehr Sporomorphen, ist aber in dieser Hinsicht mit den Befunden aus stratigraphisch höher gelegenen Flözen in keiner Weise vergleichbar. Anlage 13 (REIN 1959) zeigt dagegen das umgekehrte Verhältnis. Während im hangenden Flöz einige Sporomorphen gefunden wurden, ist hier das liegende Flöz gänzlich ohne Befund. Diese Ergebnisse deuten wiederum darauf hin, daß eine geringe Sporomorphenföhrung für die tieferen Cyrenen-Schichten trotz gelegentlicher Kohleföhrung als Charakteristikum anzusehen ist.

e. Konglomeratserie der Unteren Bunten Molasse

Entsprechend dem klastischen Charakter der limnisch-terrestrischen Sedimente ist die Sporomorphenföhrung ziemlich gering. Von den untersuchten Proben enthielten ca. 60 % Sporomorphen, die durchschnittliche Exemplarzahl pro Probe beträgt allerdings nur ungefähr 2. Diese Zahlen zeigen, daß zwar eine relativ regelmäßige Sporomorphenföhrung vorhanden ist, jedoch jeweils nur geringe Mengen auftreten. Das gleiche Bild vermitteln die Diagramme (Beilage 7 a, c). Entsprechende Ergebnisse erhielt REIN (1959, S. 16—18). Auch erwähnt er als charakteristischste Merkmale dieser Serie einen geringen Gehalt an Gymnospermen und völliges Fehlen der Hystrichosphaeridae. Eine größere Mannigfaltigkeit von Arten der Triporopollenites und Tricolpopollenites hat sich in der Konglomeratserie nur andeutungsweise ergeben. Diese kommen erst in

den Oberen Grauen Mergeln häufiger vor. Auf die Bedeutung der hier auftretenden Gramineen-Pollen wurde schon bei der Besprechung der Baustein-Schichten hingewiesen. Die *Monoporopoll. sparganeoides* führenden Proben liegen in den hangendsten Partien der Konglomeratserie und zeigen, daß die zugehörigen Sedimente eine Zwischenstellung zwischen Konglomeratserie und Oberen Grauen Mergeln einnehmen.

f. Obere graue Mergelserie der Unteren Bunten Molasse

Auf einen allmählichen Übergang von der Konglomeratserie in die Oberen Grauen Mergel deuten auch die im Hangenden der Konglomeratserie liegenden Proben Nr. 31—37 hin, die eine größere Zahl von Sporomorphen enthalten als durchschnittlich in dieser Serie vorkommt. Die in den Diagrammen (Beilage 7 a, 8 a) zusammengestellten Ergebnisse vermitteln bei ersten Betrachtungen ein den Tonmergel-Schichten ähnliches Bild. Es tritt wieder eine relativ große Zahl von Sporomorphen auf, die Exemplare gehören einer Vielzahl von Arten an. Bei genauerer Betrachtung fällt jedoch ein wesentlicher Unterschied auf. Entgegen den Ergebnissen aus den Tonmergel-Schichten überwiegen die Dicotyledonen gegenüber den Monocotyledonen + Gymnospermen, was im Summendiagramm der Bohrung M u r n a u 1 (Beilage 8 a) sehr gut zum Ausdruck kommt. Ferner ist eine Verschiebung innerhalb der Dicotyledonen erfolgt, wie das Detaildiagramm (Beilage 7 a) zeigt. Während in den Tonmergel-Schichten die Longaxoner relativ selten sind, treten sie in den Oberen Grauen Mergeln der Unteren Bunten Molasse in den Vordergrund. Diese Entwicklung, die schon in den obersten Proben der Konglomeratserie sichtbar wird, ist für die stratigraphische Gliederung der Schichten von Bedeutung. Vorwiegend faziell bedingt sein dürfte das gegenüber den Tonmergeln stärkere Auftreten der Sporites. Das erneute Auftreten der Hystriosphæridae zeigt die marine Beeinflussung der Sedimentation an.

Die für die Oberen Grauen Mergel angegebenen Gesetzmäßigkeiten wurden aus den Diagrammen der Bohrung M u r n a u 1 (Beilage 7 a, 8 a) abgeleitet. Die sicher ebenfalls zu den Oberen Grauen Mergeln gehörenden Sedimente aus der Bohrung M u r n a u 2 (in den Bohrberichten wird von „Unterer Bunter Molasse in Fazies der Cyrenen-Schichten“ gesprochen) lassen diese Zunahme der Longaxoner nicht erkennen (Beilage 7 b). Die wenigen hier auftretenden Sporomorphen stammen aus kohligem Ablagerungen und bilden demzufolge eine andere Pflanzenvergesellschaftung ab. Eine Bestätigung findet diese Ansicht im Befund der Probe Nr. 27 aus der Bohrung M u r n a u 1 (Beilage 7 a). Sie weist, entgegen den sonstigen Verhältnissen, einen hohen Gehalt an Inaperturopoll. dubius auf.

Die in den Proben Nr. 27 (Bohrung M u r n a u 1) und 164 (Bohrung M u r n a u 2) auftretenden Coniferen-Pollen entstammen der Moorvegetation. Diese Maxima sind faziell anders zu deuten als die hohen Coniferen-Werte in den Tonmergel-Schichten. In marinen Schichten ergibt sich eine hohe Zahl an Coniferen-Pollen auf Grund der großen freien Wasserfläche, in die die Pollen der in einiger Entfernung von der Küste an erhöhten Standorten lebenden Coniferen hineingeweht werden können.

II. Zur stratigraphischen Gliederung des Oligozäns in der Murnauer Mulde

Innerhalb des Tertiärs ist das Oligozän am schwersten zu gliedern. PFLUG (1957, S. 161) begründet dies folgendermaßen: „Von den beiden Einflüssen, die das Zeitbild der Sporenflora prägen, — phylogenetische Entwicklung und Klimagang —, klingt ersterer aus, während letzterer noch nicht spürbar genug eingesetzt hat.“ Außerdem fehlt es an geeigneten Sedimenten.

Das Unter-Oligozän lehnt sich noch stark an das Eozän an, während das Ober-Oligozän schon miozänen Charakter zeigt.

KRUTZSCH (1957) und PFLUG (1959) gliedern das Oligozän wie folgt:

Miozän	Girund	Unt. Rheinisches Bild
	Chart	Marxheimer B. (Bitterfelder?)
Oligozän	Rupel	Bergisch-Gladbacher Bild (= Calauer Bild)
	Sannoisien	Heskemer Bild (= Conow)
Eozän	Wermélieu, Lédien	Borkener Bild (= Zeitzer)

Kürzlich konnte von BROSIUS & GRAMANN (1959) festgestellt werden, daß das Heskemer Bild nicht nur auf den Melanienton beschränkt ist, sondern sowohl in dessen Liegendem als auch Hangendem anzutreffen ist. Danach reicht es vom „Eo-Unteroligozän“ (BROSIUS & GRAMANN, 1958, S. 166) bis in den unteren Rupelton hinein.

Bei der geringen Zahl der in der Murnauer Mulde gefundenen Sporomorphphen ist es schwierig, den Befund eindeutig bestimmten stratigraphischen Zeitabschnitten zuzuordnen. — Von den Sporen ist in diesem Zusammenhang nur die *dorogensis*-Form von Interesse. Sie gehört zu den alttertiären Elementen, die im Oligozän noch auftreten, aber immer seltener werden. Oberhalb des Mittel-Oligozäns werden sie nicht mehr gefunden. Im untersuchten Profil wurden einige Exemplare in den liegenden Sedimenten, den Tonmergel- und Baustein-Schichten, gefunden, später tritt die Spezies nicht mehr auf. Leider ist es nicht möglich, die *sinuosus*-Formen für stratigraphische Betrachtungen heranzuziehen, da auf eine Unterteilung wegen des schlechten Erhaltungszustandes meistens verzichtet werden mußte.

BROSIUS (1959, S. 34) erwähnt als Merkmal für Flöz I von Glimmerode (Unter-Oligozän) ein Hervordrängen von *Pityosporites labdacus* und *Pityosporites microalatus*. Die für die Aufnahme geflügelter Coniferen-Pollen faziell günstigen Tonmergel-Schichten zeigen ebenfalls relativ hohe Werte dieser beiden Spezies, während sie in den faziell recht ähnlichen grauen Mergeln der Unteren Bunten Molasse nicht gefunden wurden. Ein hoher Anteil von *Pinus*-Pollen tritt auch in der Kohle von Heskem auf (MÜRRIGER & PFLANZL 1955, S. 86), sie scheinen also für Unter- bis Mittel-Oligozän typisch zu sein, während Ablagerungen des Ober-Oligozäns nur geringe Mengen an Luftsack-Pollen enthalten.

Die stratigraphische Tabelle von KRUTZSCH & LOTSCH (1958) zeigt für die geflügelten Pinaceen ein Ansteigen des Mengenanteils im Lattorf. Die höhere Zahl der *Pinus*-Pollen hält bis zum Ende des Rupels an, um dann plötzlich geringeren Werten zu weichen. Erst mit Beginn des Miozäns treten ausgeprägte *Pinus*-Maxima auf.

Relativ gering sind in der sporologischen Literatur die Angaben über das Verhalten der brevaxonen Formen im Oligozän. Die hierzu gehörigen Gattungen haben sowohl in Hinsicht auf die Arten als auch auf die Exemplarzahl ihr Maximum im Paläozän und Eozän oder reichen in das Miozän hinein, was in der Tabelle von KRUTZSCH (1957) gut sichtbar wird. Im Oligozän tritt eine Übergangsflora mit wenigen ausschließlich auf diesen Zeitabschnitt beschränkten Arten auf. Gut zu verfolgen ist das Auftreten von *Polyvestibulopoll. verus*. Diese Spezies kommt im gesamten Oligozän vor, wird aber im Chatt häufiger. Diese Entwicklung ist auch aus den Befunden in der Gefalteten Molasse abzulesen. Während *Polyvestibulopoll. verus* in den Tonmergel-Schichten, Baustein-Schichten und der Konglomeratserie der Unteren Bunten Molasse nur selten gefunden wurde, tritt er in den Oberen Grauen Mergeln der Unteren Bunten Molasse regelmäßiger auf. Sowohl im Profil der Bohrung M u r n a u 1 als auch der Bohrung M u r n a u 2 wurden in diesem Horizont mehrere Exemplare gefunden. Das eine aus den Tonmergel-Schichten bekannt gewordene Exemplar stammt aus einer Spülprobe, für die im Bohrbericht starker Nachfall vermerkt war. Es besteht also die Möglichkeit, daß es ebenfalls aus der Unteren Bunten Molasse kommt.

Von den Longaxonern ist *Tricolpopoll. henrici*, der mit dem Oligozän häufiger auftritt, nur spärlich vertreten. Die zusammen in einer Spalte zur Darstellung gebrachten *liblarensis*- und *fallax*-Formen zeigen von den Tonmergel-Schichten bis zu den Oberen Grauen Mergeln eine abnehmende Tendenz. *Tricolpopoll. retiformis*, der selten in den Baustein-Schichten, häufiger in den Oberen Grauen Mergeln auftritt, wurde von v. D. BRELIE (1958, S. 198/199) bei Untersuchungen mariner Ablagerungen in der niederrheinischen Bucht erst vom Ober-Oligozän ab gefunden.

Die Zunahme der Longaxoner in den Oberen Grauen Mergeln der Unteren Bunten Molasse gegenüber allen darunterliegenden Schichten könnte als Hinweis auf den Übergang zur miozänen Flora, d. h. ober-oligozänes Alter der Schichten, gedeutet werden. Dem ist jedoch entgegenzuhalten, daß die in älteren Schichten enthaltenen Longaxoner in ihrem Habitus bereits vollkommen jungtertiären Charakter zeigen, so daß qualitativ sich keinerlei Unterschiede bemerkbar machen. Als Beispiel sei das Auftreten von *Compositen* in den Tonmergel-Schichten erwähnt, die bis jetzt erst vom Miozän ab beschrieben worden sind.

Die in diesem Kapitel zusammengestellten stratigraphischen Anhaltspunkte sind so spärlich und basieren auf so kleinen Exemplarzahlen, daß sich daraus keine Aussagen über die stratigraphische Stellung der untersuchten Schichten aufbauen läßt. Außer den umgelagerten Formen treten in den Sporomorphengemeinschaften keine Formen auf, die nur im Alt-Tertiär vorkommen, dagegen sind, bis auf *Cicatricosispor. dorogensis*, alle Arten bis in das höhere Miozän hinein zu verfolgen.

III. Sporologisches Durchschnittsdiagramm der Gefalteten Molasse der Murnauer Mulde und seine Bedeutung für die Erdöl-Industrie

Das in Abb. 5 zur Darstellung gebrachte Idealprofil ist auf folgende Weise entstanden: Ausgehend von den Summendiagrammen der verschiedenen untersuchten Profile wurde für die dargestellten Sporomorphen-Gruppen — Sporen, Gymnospermen + Monocotyledonen und Dicotyledonen — das arithmetische Mittel (Exemplarzahl pro Probe) errechnet. Der erhaltene Wert wurde in Säulenform in das Diagramm eingezeichnet. Auf gleichem Wege entstanden die Mittelwerte für die Angaben über die Gesamtzahl der in den jeweiligen Horizonten auftretenden Sporomorphen.

Die Ergebnisse aus dem Profil der Bohrung Egling 1 sind bei diesen Aufstellungen unberücksichtigt geblieben. Die auffallend geringen Sporomorphenzahlen dieses Profils sind sicher nicht primär bedingt, sondern durch die Art der Probennahme verursacht worden. Über eine Bohrstrecke von rd. 2000 m stand mir nur eine kleine Zahl von Kernproben zur Verfügung. Es hat sich aber gezeigt, daß aus Kernproben nur dann ein zufriedenstellendes Ergebnis zu erwarten ist, wenn die Proben in genügend dichter Folge vorliegen, wie es z. B. im Profil der Bohrung Murnau 2 der Fall ist. Im allgemeinen ist es günstiger, für sporologische Bohrprofiluntersuchungen in minerogenen Sedimenten Spülproben zu verwenden. Dabei hat man die Möglichkeit, das vollständige Probenmaterial einer bestimmten Bohrstrecke mischen und heruntermitteln zu können. Diese Durchschnittsprobe enthält dann sicher auch Anteile sporomorphenführender Horizonte, falls solche überhaupt vorhanden sind. Daß sich diese Methode bewährt hat, zeigen die Ergebnisse der Bohrung Murnau 1. Aus dem Idealprofil ergibt sich folgende Faustregel:

	Sporen		Gymnosp. + Monocot.		Dicot.	Exempl.-Zahl in 10 Prob.
Obere Graue Mergel	1	:	1	:	1	> 50
Konglomerat-Serie	1	:	2	:	1	10 — 20
Tiefere Cyr. Sch.	1	:	2	:	1	< 10
Baustein-Schichten	1	:	4	:	2	20 — 30
hangende Tonmergel	1	:	5	:	2	~ 30
liegende Tonmergel	1	:	10	:	3	~ 50

Die hier angegebenen Verhältnisse basieren auf einem einzigen stratigraphischen Profil. Die Gültigkeit dieser Werte müßte durch Paralleluntersuchungen noch bestätigt werden.

Falls in mergeligen Proben mit hohem Sporomorphen-Gehalt die stratigraphische Einstufung nach vorliegendem Schema nicht eindeutig möglich ist, sollte für nähere Bestimmungen das Auftreten der Longaxoner herangezogen werden. Sie sind in den Oberen Grauen Mergeln der Unteren Bunten Molasse häufiger als in den Tonmergel-Schichten.

Im Zusammenhang mit Sedimentumlagerungen auftretende allochthone Sporomorphen haben auf die hier skizzierten Gesetzmäßigkeiten keinerlei Einfluß. Wie die Aufstellung in den Diagrammen (Beilage 9 a—b) zeigt, sind diese Formen im gesamten Profil anzutreffen, jedoch stets in so geringen Mengen, daß sie die in den Diagrammen dargestellten Verhältniswerte nicht merklich beeinflussen.

In diesem Zusammenhang ist auf die Arbeit HAGNS (1950) über Umlagerungsvorgänge in der Gefalteten Molasse hinzuweisen. Auf Grund mikropaläontologischer Untersuchungen nimmt er an, daß die ersten wesentlichen Sedimentschüttungen aus dem Süden mit dem Beginn des Aquitans einsetzen. Da die gefundenen allochthonen Sporomorphen genau wie die Foraminiferen aus dem Senon und Alt-Tertiär stammen, können für sie, entsprechend den HAGNSchen Folgerungen, Kreide- und Alttertiär-Gesteine des Helvetikums als Herkunftsgebiet angenommen werden, die mindestens vom Chatt an als Sediment-Liefergebiet in Frage kommen dürften (Auftreten von *Extratropopoll. hemiperfectus* in den Oberen Grauen Mergeln, *Microreticulatispor. reissingeri* in Konglomeratserie und Oberen Grauen Mergeln usw.). Über die Herkunft der in den Tonmergel-Schichten auftretenden Tetrade von *Classopollis* sp. können keine Angaben gemacht werden. Die Gattung ist bisher nur aus dem Lias bekannt.

IV. Sporologische Hinweise auf die paläogeographischen Verhältnisse in der Gefalteten Molasse

a. Tonmergel-Schichten

Marine Sedimente zeigen im allgemeinen relativ hohe Werte an Coniferen-Pollen, bedingt durch die im Ablagerungsbereich derselben vorhandene große offene Wasserfläche, in welche die gut fliegenden Coniferen-Pollen zahlreich hineingeweht werden können. Sporomorphae der niederen Küsten-Vegetation, die durch das fließende Wasser in das Meer eingespült werden, treten mengenmäßig den Coniferen gegenüber zurück. — Abnehmender Gehalt an Coniferen-Pollen kann auf Grund dieser Überlegungen als Verlandungs- bzw. Verflachungserscheinung gewertet werden. Die große offene Wasserfläche, die die Coniferen-Pollen aufnehmen könnte, wurde reduziert.

Daraus läßt sich für die Tonmergel-Schichten folgendes paläogeographisches Bild rekonstruieren: Während der Ablagerung des unteren Teils der Tonmergel, bis zur Bohrteufe von 2250 m (Bohrung M u r n a u 1), blieb das Meer unverändert erhalten. Reichliches und regelmäßiges Auftreten von Hystrichosphaeridae deutet ebenfalls auf rein marine Verhältnisse hin. In den oberen Tonmergeln bahnt sich bereits der Rückgang des Meeres an: Abnahme des Gehaltes an Coniferen-Pollen, selteneres Auftreten der Hystrichosphaeridae. Diese Entwicklung leitet kontinuierlich zu den Baustein-Schichten über, wie das aus den Profilen der Bohrungen M u r n a u 1 und M u r n a u 2 konstruierte Diagramm (Beilage 9c) im Hinblick auf die Coniferen zeigt.

b. Baustein-Schichten

Bei den Betrachtungen über die faziellen Verhältnisse in den Baustein-Schichten (S. 80) wurde auf die Abhängigkeit zwischen dem Auftreten von Coniferen, Gramineen und Hystrichosphaerideen hingewiesen. Die aus ihrem Verhalten angenommene Wechsellagerung von marinen, brackischen und terrestrischen Schichten würde für den Abschnitt der Baustein-Schichten folgendes Bild ergeben: Am Rande des flachen Molassebeckens existierte eine aus Coniferen und einigen Laubbaumarten bestehende Florengemeinschaft. In Bereichen bracki-

schen Grundwassers gediehen Chenopodiaceen. Wo es zu einer völligen Trockenlegung des Beckens kam, wuchsen nur noch Gräser; einige vorkommende Coniferen-Pollen dürften aus höheren Lagen des aufsteigenden Gebirges eingeweht worden sein. Andererseits kam es bei günstigen klimatischen Verhältnissen und gleichzeitigen epirogenetischen Senkungen im Küstenbereich zur Ausbildung von Mooren, auf die gelegentlich auftretende Kohlenflözchen (z. B. im Profil des Nachtgrabens) hinweisen.

Dieses im brackischen bis limnisch-terrestrischen Bereich liegende Becken wurde des öfteren kurzfristig vom Meere überflutet, worauf die Hystrichosphaerideen hindeuten. Diese Aussage erscheint gegenüber der für den oberen Teil der Tonmergel gegebenen Erklärung widersprüchlich. Welche Bedeutung den Hystrichosphaerideen im Hinblick auf fazielle und paläogeographische Aussage zukommt, ist noch nicht geklärt. Sicher ist, daß sie nur in marinen Sedimenten vorkommen, ob aber ihr Fehlen bzw. ihre Abnahme auf einen Rückgang der marinen Verhältnisse hindeutet, müßte noch überprüft werden.

c. Konglomeratserie der Unteren Bunten Molasse

Den Hauptanteil am Sporomorphem-Spektrum stellen die Gramineen- und Sparganium-Pollen. Coniferen-Pollen treten vereinzelt besonders in den oberen Partien der Konglomeratserie auf. Daneben sind nur noch die Chenopodiaceen mit nennenswerten Anteilen vertreten. Aus diesen Vorkommen ließe sich folgendes geographische Bild entwerfen:

Ein trockenes kontinentales Becken wird von sich ständig verlagernden Flußläufen durchzogen, die grobes Material aus dem nahen Gebirge mitbringen und damit das Becken aufschottern. Die grobklastischen Sedimente sind relativ lebensfeindlich. Da außerdem Trockenheit herrscht, kann sich nur entlang der Flußläufe ein schmaler Pflanzengürtel entwickeln, der aus Rohr und Gras besteht. Die in dieser Schichtenfolge auftretenden Chenopodiaceen deuten ebenfalls auf extrem trockene Verhältnisse hin. Sie gedeihen nur in brackischem Medium, das hier ausscheidet, oder in ariden Klimabereichen, in denen es, infolge der Trockenheit, zu gelegentlichen Salzausblühungen kommt. — Verschiedentlich auftretende Coniferen-Pollen stammen von den feuchteren Nordhängen der aufsteigenden Alpen.

Die für die Konglomeratserie skizzierten floristischen Verhältnisse sind gegenwärtig in den Kontinentalbecken Kleinasiens zu finden (freundlicher Hinweis von Herrn Dr. v. D. BRELIE, Krefeld).

d. Obere Graue Mergel der Unteren Bunten Molasse

Schon in den obersten Schichten der Konglomeratserie haben sich feuchtere Verhältnisse angebahnt, was im häufigeren Auftreten von Coniferen, einigen Myricaceen und Compositen sowie dem Fehlen der Chenopodiaceen zum Ausdruck kommt. Lithologisch deutet die Zunahme feinerer Kornfraktionen in den Sedimenten auf die Einleitung mariner Verhältnisse und damit verbundene klimatische Änderungen hin.

Mit dem Beginn der Oberen Grauen Mergel dürfte das Molassebecken ein brackisches Übergangsgebiet gewesen sein. Reicher Pflanzenwuchs am Rande des

sich neu ausbreitenden Meeres führte teilweise bis zur Entstehung von Mooren. Danach müssen plötzliche Überflutungen den Pflanzenwuchs vollständig vernichtet haben, da oberhalb des in der Bohrung Murnau 1 erfaßten Kohlenflözchens (Beilage 7 a) keine Sporomorphen auftreten. Erst allmählich stellt sich wieder eine größere Zahl von Sporomorphen im Sediment ein. Während aber die hohen Sporomorphenzahlen in den unteren Teilen der Oberen Grauen Mergel auf eine dichte bodenständige Vegetation hinweisen, sind die in den oberen Partien der grauen Mergel relativ großen Exemplarzahlen auf marine Verhältnisse zurückzuführen, wie sie für die Tonmergelschichten beschrieben wurden. Daraus ergibt sich, daß die beiden in den Oberen Grauen Mergeln auftretenden *dubius*-Maxima verschieden zu erklären sind. Während das im Zusammenhang mit den Kohlen auftretende Maximum auf die bodenständige Swamp-ähnliche Vegetation zurückzuführen sein dürfte, müssen die Coniferen, von denen die *dubius*-Formen in den oberen Partien der grauen Mergel stammen, wohl am Ufer eines offenen Meeres gesucht werden.

Bei dem in diesem Kapitel Gesagten handelt es sich nur um einen ersten Deutungsversuch. Um zu gesicherten Aussagen gelangen zu können, müßten in den kommenden Jahren systematisch weitere Untersuchungen gemacht werden.

Zusammenfassung

Ziel der Untersuchungen war, in einem stratigraphisch bekannten Profil der subalpinen Molassezone Südbayerns mikrofloristische Untersuchungen anzustellen und auf ihren stratigraphischen oder faziellen Leitwert zu prüfen. Dazu wurde die östliche Murnauer Mulde gewählt, in der drei Erdöltiefbohrungen die Prüfung möglichst geschlossener stratigraphischer Profile erlaubte. Aus den Spülproben bzw. Kernen dieser Tiefbohrungen und aus einigen Proben von zwei Übertage-Aufschlüssen wurde ein vollständiges Profil der Schichten vom Lattorf bzw. unteren Ruppel (Deutenhausener Schichten) bis zum oberen Chatt (Untere Bunte Molasse) zusammengestellt und auf seinen mikrofloristischen Inhalt untersucht. Es wurden rund 250 Proben aufbereitet und mikroskopisch durchmustert. Das Untersuchungsergebnis ist in 9 Profilen und Diagrammen dargestellt worden, aus denen sich folgendes ablesen läßt:

Trotz des relativ geringen Sporomorphen-Gehalts der Sedimente machen sich innerhalb des stratigraphischen Profils der Molasse deutliche Unterschiede bemerkbar. Lithologisch gleichartige Gesteine verschiedener Horizonte lassen sich mikrofloristisch trennen. Eine Unterteilung der annähernd 1000 m mächtigen Tonmergel-Schichten in einen unteren und einen oberen Komplex ist möglich.

Die differenzierte Sporomorphen-Führung dürfte faziell bedingt sein, sie kann noch nicht für stratigraphische Einstufungen herangezogen werden.

Rückschlüsse von den Sporomorphen-Vergesellschaftungen auf Vegetationsbildung und auf fazielle und paläogeographische Verhältnisse im Oligozän erscheinen möglich, bedürfen aber der Bestätigung durch weitere Untersuchungen.

Schrifttum

- BOLKOVITINA, N. A.: Spores and Pollen Characteristic of Cretaceous Deposits of Central Regions of the USSR. — *Trans. Inst. Geol. Sci., Acad. Sci. USSR, Rel.* 145, Geol. Ser. no. 61, 1953. In: *Catalog of Fossil Spores and Pollen*, 8, S. 1—152.
- BRELIE, G. v. D.: Sporen und Pollen im marinen Tertiär der Niederrheinischen Bucht. — *Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf.*, 1, S. 185—204, Krefeld 1958.
- BROSIUS, M.: Die Tertiärmulde von Glimmerode. — *Hess. Lagerstättenarchiv*, H. 4, Wiesbaden 1959.
- BROSIUS, M. & GRAMANN, F.: „Heskemer Pollenbild“ und Melanienton am Nordrand des Vogelsberges. — *Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch.*, 87, S. 162—167, Wiesbaden 1958.
- Die stratigraphische Reichweite des Heskemer Pollenbildes in Borken (Tertiär, Niedersachsen). — *Z. deutsch. geol. Ges.*, 111, S. 182—197, Hannover 1959.
- BRUNNER, M.: Klufftektonische Untersuchungen in den Bausteinschichten der Murnauer Mulde. — Dissertation TH München. (Noch nicht abgeschlossen.)
- DEL COURT, A. & SPRUMONT G.: Les spores et les grains de pollen du Wealdien du Hainaut. — *Mém. Soc. belge géol., Nouv. Sér. No. 5*, Bruxelles 1955.
- ERDTMAN, G.: Pollen Morphology and Plant Taxonomy. Part I: Angiospermes. Almqvist Wiksells, Uppsala 1952.
- Pollen and Spore Morphology / Plant Taxonomy. Part II: Gymnospermae, Pteridophyta, Bryophyta. Almqvist Wiksells, Uppsala 1957.
- ERLÄUTERUNGEN ZUR Geologischen Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1 : 300 000, Bayer. Geol. Landesamt München 1955.
- FISCHER, W.: Stratigraphische und tektonische Beobachtungen im Gebiet der Murnauer Mulde und Steineberger Mulde (Oberbayern, Allgäu und Vorarlberg). — *Bull. Ver. Schweizer. Petrol.-Geol. u. Ing.* 27, Nr. 72, S. 39—57, 1960.
- GANSSE, O. & SCHMIDT-THOMÉ, P.: Die gefaltete Molasse am Alpenrand zwischen Bodensee und Salzach. — *Z. deutsch. geol. Ges.* 105, S. 402—495, 1953, Hannover 1955.
- GÜMBEL, C. W. v.: Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. — Gotha 1861.
- GUTJAHR, C. C. M.: Palynology and its application in petroleum exploration. — *Transactions Vol. X. Gulf Coast Association of Geological Societies.*
- HAGN, H.: Über Umlagerungsvorgänge in der subalpinen Molasse Oberbayerns und ihre Bedeutung für die alpine Tektonik. — *Geologica Bavarica*, Nr. 5, München 1950.
- HAMMEN, TH. VAN DER: El Desarrollo de la Flora Colombiana en los Periodos Geologicos I: Maestrichtiano hasta Terciario mas inferior. Una investigación Palinológica de la formación de Guaduas y equivalentes. — *Bol. Geol.*, 2, No. 1, S. 49—106, Bogotá 1954.
- HELAL, A. H.: Das Alter und die Verbreitung der tertiären Braunkohlen bei Bergisch-Gladbach östlich von Köln. — *Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf.*, 2, S. 419—435, Krefeld 1958.
- KIRCHHEIMER, F.: Mikrofossilien aus Salzablagerungen des Tertiärs. — *Palaeontographica*, Abt. B, 40, S. 127—160, 1950.
- KLUMPP, B.: Beitrag zur Kenntnis der Mikrofossilien des mittleren und oberen Eozäns. — *Palaeontographica*, Abt. A, 103, S. 377—406, 1953.
- KRÄUSEL, R.: Die paläobotanischen Untersuchungsmethoden. — Jena (Fischer) 1950.
- KRUTZSCH, W.: Sporen- und Pollen-Gruppen aus der Oberkreide und dem Tertiär Mitteleuropas und ihre stratigraphische Verteilung. — *Z. angew. Geol.*, S. 509—548, Berlin 1957.
- Sporenpaläontologische Untersuchungen in der sächsisch-böhmischen Kreide und die Gliederung der Oberkreide auf mikrobotanischer Grundlage. — *Ber. Geol. Ges. DDR*, 2, S. 123—129, Berlin 1957.
- Mikropaläontologische (sporenpaläontologische) Untersuchungen in der Braunkohle des Geiseltales. — *Geologie* 8, Beih. 21/22, Berlin 1959.

- KRUTZSCH, W. & LOTSCH, D.: Zur Geschichte der Latdorf-Stufe. — Ber. Geol. Ges. DDR, **3**, S. 111—120, Berlin 1958.
- KURTZ jr., E. B. & TURNER, R. M.: An oil-flotation method for recovering of pollen in anorganic sediments. — *Micropalaeontology*, **3**, Nr. 1, S. 67—68, 1957.
- KUYL, O. S., MÜLLER, J. & WATERBOLK, H. TH.: The application of palynology to oil geology with reference to western Venezuela. — *Geologie en Mijnbouw*, Nr. 3, New Series **17**, S. 49—76, 1955.
- MACKO, St.: Lower Miocene Pollen Flora from the Valley of Klodnica near Gliwice (Upper Silesia). — *Prace Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego*, Seria B, No. 88, Wrocław 1957.
- MAIER, D.: Planktonuntersuchungen in tertiären und quartären marinen Sedimenten. — *N. Jb. Geol. u. Paläontol. Abh.*, **107**, S. 278—340, 1959.
- MEYER, B. L.: Mikrofloristische Untersuchungen an jungtertiären Braunkohlen im östlichen Bayern. — *Geologica Bavarica*, Nr. 25, S. 100—129, München 1956.
- MÜRRIGER, F. & PFLANZL, G.: Pollenanalytische Datierungen einiger hessischer Braunkohlen. — *Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **83**, S. 71—89, Wiesbaden 1955.
- MÜRRIGER, F. & PFLUG, H.: Über eine palynologische Untersuchung des Braunkohlenlagers der Grube Emma bei Marxheim (Untermaingebiet). — *Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch.*, VI. Folge, H. 3, S. 56—66, Wiesbaden 1952.
- Über die Altersstellung der Braunkohle von Burghasungen, Bezirk Kassel, auf Grund pollenanalytischer Untersuchungen, und Vergleiche mit anderen Braunkohlenvorkommen. — *Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch.*, VI. Folge, H. 2, S. 87—97, Wiesbaden 1951.
- OVERBECK, F.: Pollenanalyse quartärer Bildungen. — In FREUND: *Handbuch der Mikroskopie in der Technik*, II, Teil 3, Frankfurt/Main (Umschau-Verlag) 1958.
- PFLANZL, G.: Das Alter der Braunkohlen des Meißners, der Flöze 2 und 3 des Hirschberges und eines benachbarten Kohlenlagers bei Laudenbach. — *Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **84**, S. 232—244, Wiesbaden 1956.
- PFLUG, H.: Vorläufige Ergebnisse einer mikropaläontologischen und stratigraphischen Untersuchung im Braunkohlenlager von Helmstedt. — *Braunkohle, Wärme und Energie*, H. 19/20, S. 340—342, 1950.
- Palynologie und Stratigraphie der eozänen Braunkohlen von Helmstedt. — *Paläontol.* **26**, H. 1/2, S. 112—137, 1952.
- Zur Entstehung und Entwicklung des angiospermiden Pollens in der Erdgeschichte. — *Palaeontographica*, Abt. B, **95**, S. 60—171, 1953.
- Zur Altersfolge und Faziesgliederung mitteleuropäischer (insbesondere hessischer) Braunkohlen. — *Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **85**, S. 152—178, Wiesbaden 1957.
- Die Deformationsbilder im Tertiär des rheinisch-saxonischen Feldes. — *Freiberger Forschungshefte*, C 71, Berlin 1959.
- POTONIÉ, R.: Pollenformen aus tertiären Braunkohlen. — *Jb. preuss. geol. L.-A.* Berlin f. 1931, **52**, S. 1—7, Berlin 1931.
- Zur Mikroskopie der Braunkohlen. Tertiäre Sporen- und Blütenstaubformen (IV. Mitteilung). — *Braunkohle*, S. 554—556, Halle 1931.
- Zur Morphologie der fossilen Pollen und Sporen. — *Arbeiten aus dem Inst. f. Paläobotanik und Petrographie der Brennsteine*, **4**, S. 5—24, Berlin 1934.
- Zur Mikrobiologie des eozänen Humodils des Geiseltals. — *Arbeiten aus dem Inst. f. Paläobotanik und Petrographie der Brennsteine*, **4**, S. 25—125, Berlin 1934.
- Pollen und Sporen als Leitfossilien der Braunkohlenflöze. — *Braunkohle*, **34**, S. 681—685, Halle 1935.
- Revision stratigraphisch wichtiger Sporomorphen des mitteleuropäischen Tertiärs. — *Palaeontographica*, Abt. B, **91**, S. 131—151, 1951.
- Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae. I. Sporites. — *Geol. Jb., Beih.* **23**, Hannover 1956.
- Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae. II. Sporites (Nachträge), Saccites, Aletes, Praecolpates, Polyplacates, Monocolpates. — *Beih. Geol. Jb., Beih.* **31**, Hannover 1958.
- Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae. III. Teil: Nachträge Sporites, Fortsetzung Pollenites. — *Beih. z. Geol. Jb., Beih.* **39**, Hannover 1960.

- POTONIÉ, R. & GELLEICH, J.: Über Pteridophyten-Sporen einer eozänen Braunkohle aus Drog in Ungarn. — S.-B. Ges. Naturlieb. Freunde, **33** (1932), S. 517—528, Berlin 1933.
- POTONIÉ, R. & KREMP, G.: Die Gattungen der paläozoischen Sporae dispersae und ihre Stratigraphie. — Geol. Jb., **69**, S. 111—194, Hannover 1954.
- POTONIÉ, R., THOMSON, P. W. & THIERGART, F.: Zur Nomenklatur und Klassifikation der neogenen Sporomorphae (Pollen und Sporen). — Geol. Jb. f. 1949, **65**, S. 35—63, Hannover 1951.
- POTONIÉ, R. & VENITZ, H.: Zur Mikrobotanik des miozänen Humodils der Niederrheinischen Bucht. — Arbeiten aus dem Inst. f. Paläobotanik und Petrographie der Brenneine, **5**, S. 5—54, Berlin 1934.
- RAATZ, G. V.: Mikrobotanisch-stratigraphische Untersuchungen der Braunkohle des Muskauer Bogens. — Abh. preuss. geol. L.-A., N. F., H. 183, Berlin 1937.
- REIN, U.: Die Anwendung der Pollenfeinstratigraphie in der Praxis des rheinischen Braunkohlenbergbaus. — Geol. Jb. 1949, **65**, S. 127—144, Hannover 1951.
- Quantitative Pollenanalyse an Lagerstätten tertiärer Braunkohlen. — In: FREUND: Handbuch der Mikroskopie in der Technik, II. 3, Umschau-Verlag Frankfurt/Main 1958.
- Bericht über pollenstratigraphische Untersuchungen an Probenserien aus der Unteren Süßwassermolasse im Bereich der Pechkohlenbergwerke Peißenberg, Penzberg und Hausham/Obb. — [Unveröffentlicht].
- REISSINGER, A.: Die „Pollenanalyse“ ausgedehnt auf alle Sedimentgesteine der geologischen Vergangenheit. 1. Teil. — Palaeontographica, Abt. B, **84**, S. 1—20, 1940.
- Die „Pollenanalyse“ ausgedehnt auf alle Sedimentgesteine der geologischen Vergangenheit. 2. Teil. — Palaeontographica, Abt. B, **90**, S. 99—126, 1950.
- RICHTER, M.: Die Gliederung der subalpinen Molasse. — N. Jb. Mineral. usw., Abt. B, **83**, S. 1—45, 1940.
- SCHMIDT-THOMÉ, P.: Das süddeutsche Molassebecken mit besonderer Berücksichtigung der gefalteten Molasse in Bayern. — FALLOT-Gedenkschrift, Paris 1960 — [im Druck].
- SELLING, O. H.: Studies in Hawaiian Pollen Statistics. Part I: The Spores of the Hawaiian Pteridophytes. — Bishop Museum Honolulu, Spec. Publication **37**, Göteborg 1946.
- Studies in Hawaiian Pollen Statistics. Part II: The Pollens of the Hawaiian Phanerogams. — Bishop Museum Honolulu, Spec. Publication **38**, Göteborg 1947.
- THIERGART, F.: Die Mikropaläontologie als Pollenanalyse im Dienst der Braunkohlenforschung. — Schriften aus dem Gebiet der Brennstoffgeologie, H. 13, Stuttgart (Enke-Verlag) 1940.
- Leitpollen der untermiozänen und oberoligozänen Braunkohle und ihre systematische Stellung. — Z. deutsch. geol. Ges., **97**, S. 54—65, Hannover 1947.
- THOMSON, P. W.: Beitrag zur Mikropaläontologie und Waldgeschichte des Neogens (Jungtertiärs) von Niedersachsen und Schleswig-Holstein. — N. Jb. Mineral. usw., Abt. B, S. 364—371. 1945—1948.
- Grundsätzliches zur tertiären Pollen- und Sporen-Mikrostratigraphie auf Grund einer Untersuchung des Hauptflözes der rheinischen Braunkohle in Liblar, Neurath, Fortuna und Brühl. — Geol. Jb. f. 1949, **65**, S. 113—136, Hannover 1951.
- THOMSON, P. W. & PFLUG, H.: Zur feinstratigraphischen Untersuchung von Braunkohlenflözen. — Geol. Jb., **66**, S. 559—576, Hannover 1952.
- Pollen und Sporen des mitteleuropäischen Tertiärs. — Palaeontographica, Abt. B, **94**, S. 1—138, 1953.
- TRAVERSE, A.: Pollen Analysis of the Brandon Lignite of Vermont. — Bureau of Mines Rept. of Investigations 5151, U. S. Dept. of Interior, Washington 1955. In: Catalog of Fossil Spores and Pollen, **1**, S. 1—52.
- WEYLAND, H. & GREIFELD, G.: Über strukturbietende Blätter und pflanzliche Mikrofossilien aus den unteren Tonen der Gegend von Quedlinburg. — Palaeontographica, Abt. B, **95**, S. 30—52, 1953.
- WEYLAND, H. & KRIEGER, W.: Die Sporen und Pollen der Aachener Kreide und ihre Bedeutung für die Charakterisierung des mittleren Senons. — Palaeontographica, Abt. B, **95**, S. 6—29, 1953.

- WODEHOUSE, R. P.: Tertiary Pollen — II The Oil Shales of the Eocene Green River Formation, — Bull. Torr. Bot. Club, **60**, 1933, in: Catalog of Fossil Spores and Pollen, **1**, S. 53—93.
- WOLFF, H.: Mikrofossilien des pliozänen Humodils der Grube Freigericht bei Dettingen am Main und Vergleich mit älteren Schichten des Tertiärs sowie posttertiären Ablagerungen. — Arbeiten aus dem Inst. f. Paläobotanik und Petrographie der Brennsteine, **5**, S. 55—86, Berlin 1934.
- ZAKLINSKAJA, E. D.: Stratigraphic Significants of Pollen Grains of Gymnosperms of the Cenozoic Deposits of the Irtysh Basin and of the Northern Aral Basin. — Acad. Sci. SSSR, Works of the Geol. Inst., Contr. 6, Moscow. In: Catalog of Fossil Spores and Pollen, **4**, S. 50—93.
- ZEIL, W.: Beiträge zur Kenntnis der Deutenhausener Schichten (Subalpine Molasse Oberbayerns). — Geologica Bavarica, Nr. 17, S. 101—112, München 1953.
— Geologie der Alpenrandzone bei Murnau in Oberbayern. — Geologica Bavarica, Nr. 20, München 1954.
- Nach Abschluß der Arbeit erschienen:
- REIN, U.: Die Möglichkeiten einer pollenstratigraphischen Gliederung des Miozäns in Nordwestdeutschland. — Meyniana, **10**, S. 160—166, Kiel 1961.
- BRELIE, V. D. G.: Pollenstratigraphische Gliederung und facielle Entwicklung des jüngeren Tertiärs (Oberoligocän bis Pliocän) in der Niederrheinischen Bucht. — Meyniana, **10**, S. 75—88, Kiel 1961.

Schichtlagerung und Talverlauf bei Freising

VON KARL BRUNNACKER

Mit 1 Abbildung und Beilage 10

Im südbayerischen Hügelland deuten sich im Bereich der geologischen Karte 1:25 000 Freising Nord (K. BRUNNACKER 1961 a) Zusammenhänge zwischen den Lagerungsverhältnissen der hier tektonisch nur schwach beanspruchten Oberen Süßwassermolasse (OSM) und dem Verlauf der Talzüge an. Solche bislang nur wenig untersuchten Beziehungen verdienen einige Beachtung, zumal laufend als Unterlage für die Verfolgung einschlägiger morphogenetischer Detailfragen geeignete geologische Spezialkarten aus Bayern erscheinen.

A. Die geologischen Verhältnisse nördlich Freising

I. Der Aufbau der Oberen Süßwassermolasse

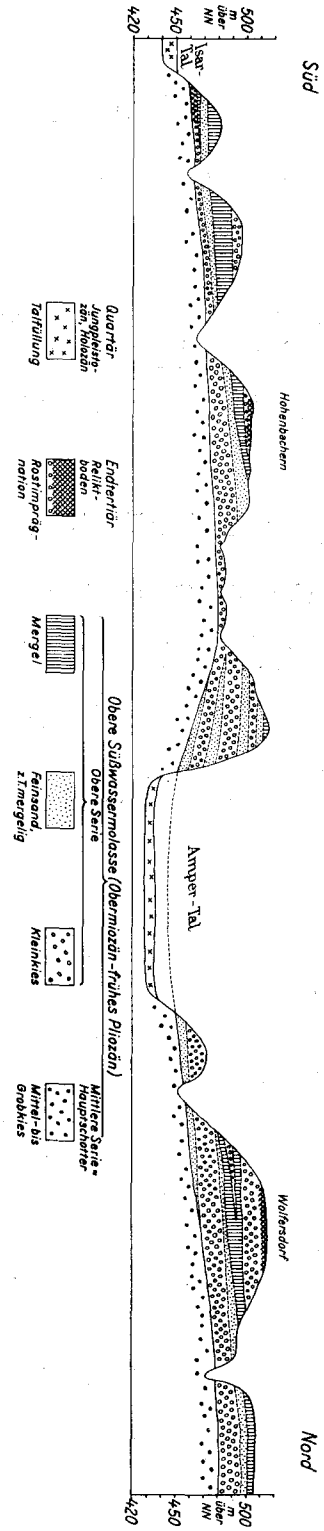
Die OSM ist entlang den Talzügen durch den „Hauptschotter“ und flächig durch die darüber folgende „Obere Serie“ — also durch das Sarmat bis frühe (?) Pont vertreten. Diese eingehend behandelten Ablagerungen (K. BRUNNACKER 1961 a) bestehen aus einer regional etwas modifizierten Abfolge von Schotter-, Sand- und Mergel-Paketen, die auf zyklische Sedimentation deuten. Die Mächtigkeit der Einzelglieder liegt normalerweise zwischen rd. 5 und 15 m; die Gesamtmächtigkeit der aufgeschlossenen OSM erreicht etwa 70 m (vgl. Abb. 1). In den Mergeln kommt außerdem Dolomit bankig, insbesondere aber in Form von Knauern vor.

II. Die Lagerung der OSM

Wie das Profil in Abb. 1 weiter zeigt, haben synsedimentäre Krustenbewegungen den Sedimentationsablauf modifiziert. So ist eine verstärkte Absenkungstendenz für den Bereich kennzeichnend, der heute vom Amper-Tal eingenommen wird. Während der Ablagerung der Oberen Serie klangen diese Spezialbewegungen jedoch aus, was ebenfalls aus Abb. 1 zu ersehen ist. Es ist jedoch nicht möglich, eine genaue Streichlinienkarte der jüngsten Glieder der Oberen Serie zu entwerfen und mit der in Beilage 10 vorgeführten Streichlinienkarte der stratigraphisch tieferen Grenze „Hauptschotter“ zu „Oberer Serie“ in Beziehung zu setzen. Möglicherweise sind also auch die jüngsten anstehenden Tertiärgesteine nachträglich im Sinne der älteren synsedimentären Spezialbewegungen etwas verborgen; es kann sich dann aber nur um eine ganz schwache tektonische Überformung handeln.

Nach Ablagerung der Oberen Serie wurde das Gesamtgebiet jedenfalls herausgehoben, so daß der Freisinger Raum großtektonisch heute im Bereich der ganz flach nach Süden einfallenden Nordflanke der Großmulde des süddeutschen Molassebeckens liegt.

Abb. 1. Profil durch die Obere Süßwassermolasse auf Höhe von Hohenbadern—Wolfersdorf (leicht schematisiert und abgedeckt).



B. Die Morphologie

Die Bedeutung der endtertiären und quartären Morphogenese innerhalb der jüngeren Erdgeschichte wurde durch J. BÜDEL (1957 a u. b) unter Hervorhebung der „Klimamorphologie“ herausgestellt. Die Auswirkungen dieser beiden Hauptabschnitte der Morphogenese, nämlich endtertiärer Flächenbildung und nachfolgender Tiefenerosion, lassen sich auch im Hügelland bei Freising unschwer erkennen.

I. Die präquartäre Landoberfläche

Die präquartäre Landoberfläche ist im Bereich der Gipfflur des Hügellandes erhalten; sie liegt nördlich Freising zwischen rd. 500 und 515 m ü. NN. Der zu dieser alten Verebnung gehörige Paläoboden ist stellenweise als 3 m und mehr mächtige Rostimprägung des Kleinkieses der OSM erhalten, so bei Hohenbachern und südlich Wolfersdorf (vgl. Abb. 1).

Genetisch entsprechende Bodenrelikte wurden neuerdings auch aus dem Sandsteinkeuper-Gebiet Ostwürttembergs und Mittelfrankens beschrieben (S. MÜLLER 1958, K. BRUNNACKER 1961 b). Diese Bildungen werden als fossile Go-Horizonte und somit als die Zeugnisse alten, oberflächennahen Grundwasserspiegels gedeutet (K. BRUNNACKER 1961 b).

Nach J. BÜDEL (1957 a u. b) ist die gesteinsunabhängige Flächenbildung in erster Linie die Folge der intensiven und tiefgründigen tropisch-subtropischen Verwitterung. Angenommen, in unserem Großraum waren etwa ab Ende Obermiozän echte subtropische Verwitterungsbedingungen nicht mehr gegeben (K. BRUNNACKER 1959 b), so spricht dies keinesfalls gegen jüngere Verebnungsflächen; denn diese letzten präquartären Flächen wurden jeweils dort angelegt, wo dafür geeignete Voraussetzungen bestanden haben — also dort, wo eine intensivere chemische Verwitterung zur Gesteinsaufbereitung nicht mehr notwendig war. Deshalb finden sich diese jüngsten Verebnungen im Bereich der Lockersedimente des Molassebeckens, der Kalkgesteine, gewisser Sandsteine und vor allem der Ton- und Mergelausschüsse Nordbayerns. Es hat damit den Anschein, als ob die vom Gestein weitgehend unabhängige Flächenbildung zusammen mit der Bildung von Terra rossa und silikatischem Rotlehm größenordnungsmäßig um die Wende zum Pliozän oder spätestens im Verlauf des Pliozäns abgeschlossen wurde. Danach kamen nur noch, gegen das Quartär hin mit zunehmender Selektion, entsprechend leicht aufbereitbare Gesteinsbereiche für die Bildung von Verebnungen in Frage (insbesondere gilt dies für die Gäuflächen in Mainfranken).

II. Die quartären Talzüge

a. Isar- und Amper-Tal sowie Langenbacher Trockental

Abgesehen von der Isar, die den Rand des Hügellandes laufend nach Norden gedrängt hat, wird das Gebiet von der Amper in West-Ost-Richtung durchflossen. Über den zeitlichen Ablauf der Eintiefung des Amper-Tales läßt sich derzeit nichts aussagen, weil hier Flußablagerungen aus der Zeit vor der würemeiszeitlichen Niederterrasse fehlen (östlich vom Kartengebiet liegt die „Hochterrasse“ [vgl. H. NATHAN 1955] rd. 10 m über der heutigen Talsohle, jedoch als Isarablagerung).

Ältere Flußablagerungen fehlen auch im Langenbacher Trockental (bei Marzling), das nicht als ehemalige Abflußrinne der Isar, sondern als Rest eines dem Hügelland zugehörigen autochthonen Flußsystems zu deuten ist (vgl. A. PENCK S. 72 u. 73 in A. PENCK & E. BRÜCKNER 1901).

b. Die Seitentäler

Die zur Isar und Amper gerichteten Seitentäler führen heute kaum Wasser; ihre Gehänge sind infolge periglazialer Vorgänge asymmetrisch gestaltet, wie dies auch sonst für das Hügelland bezeichnend ist (vgl. H. POSER & Th. MÜLLER 1951).

c. Dellen und Kerben

Teils in die Haupttäler der Isar und Amper, vor allem aber in die Seitentäler münden zahlreiche Dellen aus. Sie finden sich besonders an den von Lößlehm bedeckten, flach nach Osten geneigten Hängen. Die „Kerben“ treten dagegen entlang den steileren, nach Westen geneigten Hängen auf, wo das Tertiär ausstreicht. Beide Bildungen gehen auf periglaziale Bedingungen zurück; die Kerben wurden außerdem zum Teil infolge anthropogen bedingter Grabenerosion etwas überformt.

Eingehende morphologische Untersuchungen hätten im Rahmen der geologischen und bodenkundlichen Kartenaufnahme zu weit von den gestellten Aufgaben weggeführt. Deshalb wird auch auf die weitere Ausbildung der Dellen und Kerben, die manchmal auch kombiniert vorkommen können, nicht eingegangen.

Im übrigen bietet dieses Gebiet verglichen mit dem Bereich des Blattes Würzburg Nord (K. BRUNNACKER 1957) ein bis in die Einzelheiten gehendes gleichartiges morphologisches Bild, obwohl die klimatische Situation des Würzburger Raumes nicht nur heute, sondern auch während der quartären Eiszeiten trockener und etwas wärmer war, und obwohl im Hügelland die lockeren Tertiärgesteine, dort aber der festere Muschelkalk anstehen. Bei Würzburg liegt außerdem an den nach Osten geneigten Hängen ein letzteiszeitlicher Löß, bei Freising dagegen ein „Lößlehm“.

C. Schichtlagerung und Verlauf der Täler

Das Amper-Tal folgt im Gebiet nördlich Freising der Achse der Zollinger Mulde. Die Achse des Thalhausener Sattels wie die des Kronsdorfer Sattels bilden die Wasserscheide zwischen den Seitentälern. Soweit hiervon geringfügige Abweichungen vorkommen, sind sie zum Teil dadurch bedingt, daß diese Wasserscheidenbereiche inzwischen in die Zerriedelung mit einbezogen wurden. Zum anderen sind die Sattelachsen der Streichlinienkarte auf die Obergrenze des Hauptschotters bezogen; im höheren Niveau der Oberen Serie, die in den Sattelbereichen allein durch die Erosion angeschnitten ist, ist es aber möglich, daß die Sattelachsen demgegenüber etwas verlagert sind (insbesondere bei dem asymmetrisch gebauten Thalhausener Sattel), vgl. Beilage 10.

Für die Seitentäler ist außerdem die Tendenz zu einem möglichst senkrechten Verlauf zum Streichen der Schichten unverkennbar.

Entsprechende Beobachtungen über die Beziehungen zwischen dem Verlauf der Täler und dem Verlauf tektonischer Mulden haben H. FERSTL (1955) und H. LEICHT (1958) im Raum zwischen Steigerwald und Rednitz-Tal gemacht. Die Bindung des Talverlaufs an einen Muldenverlauf wird außerdem in den von A. WURM (1937) gebrachten Streichlinienkarten für das niederbayerische Rott-Tal angedeutet. Jedoch ist das Freisinger Gebiet viel zu klein, um die Ursache dieser Beziehung klar erkennen zu lassen. Damit bleibt offen, ob entlang dem Muldenverlauf besonders leicht ausräumbare Gesteine angestanden haben, ob

letzte — dann allerdings nur ganz schwache — Krustenbewegung den Verlauf der alten Amper fixiert haben, oder ob dieses Stück des Amper-Tales ursprünglich Teil eines autochthonen Systems war, das sein Einzugsgebiet dem Muldenverlauf folgend nach Westen vorgeschoben hat.

Die Entwicklung der Seitentäler mehr oder minder senkrecht zum Streichen der Schichten ist jedenfalls ein Ergebnis der rückschreitenden Erosion. Bemerkenswert ist dabei jedoch, daß diese rückschreitende Erosion unter Bedingungen, wie sie heute vorliegen, ruht. Sie kann auch nicht das Produkt periglazialen Klimas sein; denn der Dauerfrostboden ist als morphologischer Faktor höher zu bewerten als die schwachen Schichtverbiegungen. Dafür geeignete Abschnitte waren die feuchten Übergangsklimate an der Wende der Warm- zu den Kaltzeiten. Natürlich ist damit nicht ausgeschlossen, daß einzelne Dellen oder Kerben selektiv von der rückschreitenden Erosion ausgewählt wurden.

Schon immer wurde bei den den Schichtstufen vorgelagerten Zeugenbergen die tektonische Muldenlage (von der es in Franken anscheinend nur wenige Abweichungen gibt) von den aufnehmenden Geologen betont (vgl. z. B. H. LEICHT 1958). Daneben zeigt sich gemäß den Fortschritten der geologischen Spezialkartierung eine engere Bindung des Verlaufes der Schichtstufen an „Verbiegungszonen“, die meist nur ein etwas stärkeres Schichtfallen als die angrenzenden Gebiete aufweisen. Für solche Beziehungen können wohl kaum allein isostatische Ursachen im Sinne von R. GERMAN (1960) verantwortlich gemacht werden. Schichtstufen und Ränder von Zeugenbergen haben wenigstens z. T. die Tendenz jeweils dort zu liegen, wo primär das relativ stärkste Schichtfallen innerhalb eines Gebietes vorhanden ist. Dazu kommt außerdem die Bindung gewisser Talzüge an flache Muldenbereiche, so daß neben der „Reliefumkehr“ im Bereich von Sätteln und Beulen auch den schwach ausgeprägten Muldenzügen für den Verlauf der Täler eine besondere Bedeutung zuzukommen vermag.

Es bestehen mehrere Berührungspunkte zwischen den hier vorgetragenen Beobachtungen und den daraus gezogenen Folgerungen mit den Ergebnissen der großräumig angelegten Arbeiten von H. GRAUL (1943) und F. WILHELM (1961). Eine eingehendere Erörterung setzt jedoch die Kenntnis der speziellen Lagerungsverhältnisse der OSM für ein wesentlich größeres Gebiet voraus als es hier erfaßt ist.

In Zukunft wird es bei der Diskussion um die Morphogenese aber darauf ankommen, mehr als bisher neben dem Gesteinsaufbau und den klimabedingten Erscheinungen die Lagerungsverhältnisse auch dann zu berücksichtigen, wenn sie sich als nur ganz schwache, das tektonische Gesamtbild geringfügig modifizierende Schichtverbiegungen darstellen (vgl. B. v. FREYBERG 1960).

Schrifttum

- BRUNNACKER, K.: Bodenkarte von Bayern 1:25 000 Nr. 6125 Würzburg Nord mit Erläut., München 1957.
- Geologische Karte von Bayern 1:25 000 Nr. 7636 Freising Süd mit Erläut., München 1959. — [1959 a].
- Jungtertiäre Böden in Nordbayern. — Geol. Bl. NO-Bayern, **9**, S. 55—63, Erlangen 1959. — [1959 b].
- Geologische Karte von Bayern 1:25 000 Nr. 7536 Freising Nord mit Erläut., München 1961. — [1961 a].
- Reliktböden im östlichen Mittelfranken. — Geol. Bl. NO-Bayern, Erlangen 1961. — [1961 b], [zur Veröffentlichung angenommen].
- BÜDEL, J.: Grundzüge der klimamorphologischen Entwicklung Frankens. — Würzburger geograph. Arbeiten, **4/5**, S. 5—46, Würzburg 1957. — [1957 a].
- Die „Doppelten Einebnungsflächen“ in den feuchten Tropen. — Z. Geomorphologie, **1**, S. 201—228, Berlin 1957. — [1957 b].
- FERSTL, H.: Tektonische Untersuchungen im mittleren Steigerwald. — Geol. Bl. NO-Bayern, **5**, S. 133—143, Erlangen 1955.
- FREYBERG, B. v.: 25 Jahre geologische Forschung in unserem fränkischen Arbeitsgebiet. — Jb. Fränkische Landesforschung, **20**, S. 2—21, Kallmünz 1960.
- GERMAN, R.: Der Nordrand der Schwäbischen Alb und seine tektonische Stellung. — Z. deutsch. geol. Ges., **111**, S. 721—738, Hannover 1960.
- GRAUL, H.: Zur Morphologie der Ingolstädter Ausräumungslandschaft. — Forsch. Deutsch. Landeskde., **43**, Leipzig 1943.
- LEICHT, H.: Tektonische Untersuchungen im nördlichen Steigerwald. — Geol. Bl. NO-Bayern, **8**, S. 2—12, Erlangen 1958.
- MÜLLER, S.: Feuersteinlehme und Streuschuttdecken in Ostwürttemberg. — Jh. Geol. Landesamt Baden-Württemberg, **3**, S. 241—262, Freiburg i. B. 1958.
- NATHAN, H.: Ein interglazialer Schotter südlich Moosburg in Oberbayern mit *Fagotia acicularis* FÉRUSSAC (Melanopsen-Kies). — Geol. Bavarica, Nr. 19, S. 315—334, München 1953.
- PENCK, A. & BRÜCKNER, E.: Die Alpen im Eiszeitalter, **1**. Leipzig 1901.
- POSER, H. & MÜLLER, Th.: Studien an den asymmetrischen Tälern des niederbayerischen Hügellandes. — Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, Math. Phys. Kl. 1951, Biol.-Phys.-Chem.-Abt., S. 1—32, 1951.
- WILHELM, F.: Spuren eines voreiszeitlichen Reliefs am Alpennordsaum zwischen Bodensee und Salzach. — Münchner Geograph. H., **20**, Kallmünz/Regensburg 1961.
- WURM, A.: Beiträge zur Kenntnis der nordalpinen Saumtiefe zwischen unterem Inn und unterer Isar. — N. Jb. Mineral. usw., **78**. Beil.-Bd., Abt. B, S. 285—326, Stuttgart 1937.

Tafel 1 — 8

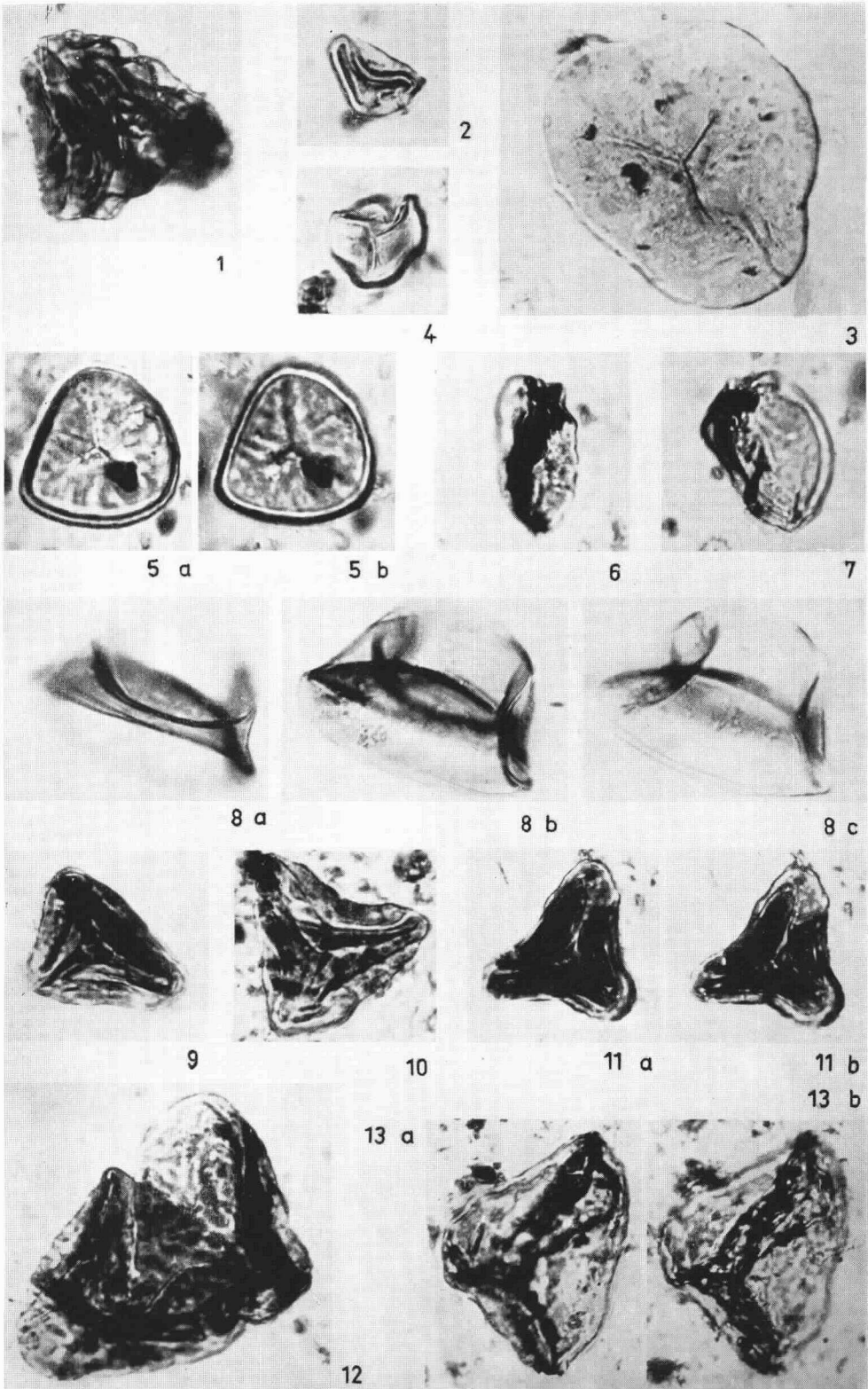
Tafel I

Abb. Nr.		Präp. Nr.	Kreuztisch-Zahl
1	<i>Cicatricosispor. sp.</i>	220	23.1 : 84.6
2	<i>Divisispor. partitus</i>	18	35.6 : 86.9
3	<i>Leiotriletes adriennis</i>	12/2	17.2 : 78.8
4	<i>Stereispor. minor</i>	28	36.4 : 90.7
5a, b	<i>Stereispor. stictus</i>	21	24.8 : 91.7
6	<i>Triplanospor. sinuosus</i>	136	34.8 : 76.2
7	<i>Triplanospor. sinuosus</i>	17	24.0 : 74.8
8a, b, c	<i>Triplanospor. sinuosus</i>	20	21.1 : 90.0
9	<i>Toroisporis sp.</i>	98/2	26.8 : 79.2
10	<i>Concavispor. acutus</i>	27	34.9 : 75.0
11a, b	<i>Concavispor. acutus</i>	231	27.7 : 83.6
12	<i>Toripunctispor. punctiadiennis</i>	128/2	25.6 : 83.6
13a, b	<i>Toroisporis punctus</i>	27	22.5 : 68.5

Die angegebenen Kreuztisch-Zahlen beziehen sich auf Mikroskop und Kreuztisch Nr. 2218, Fabrikat Frieske & Hoepfner.

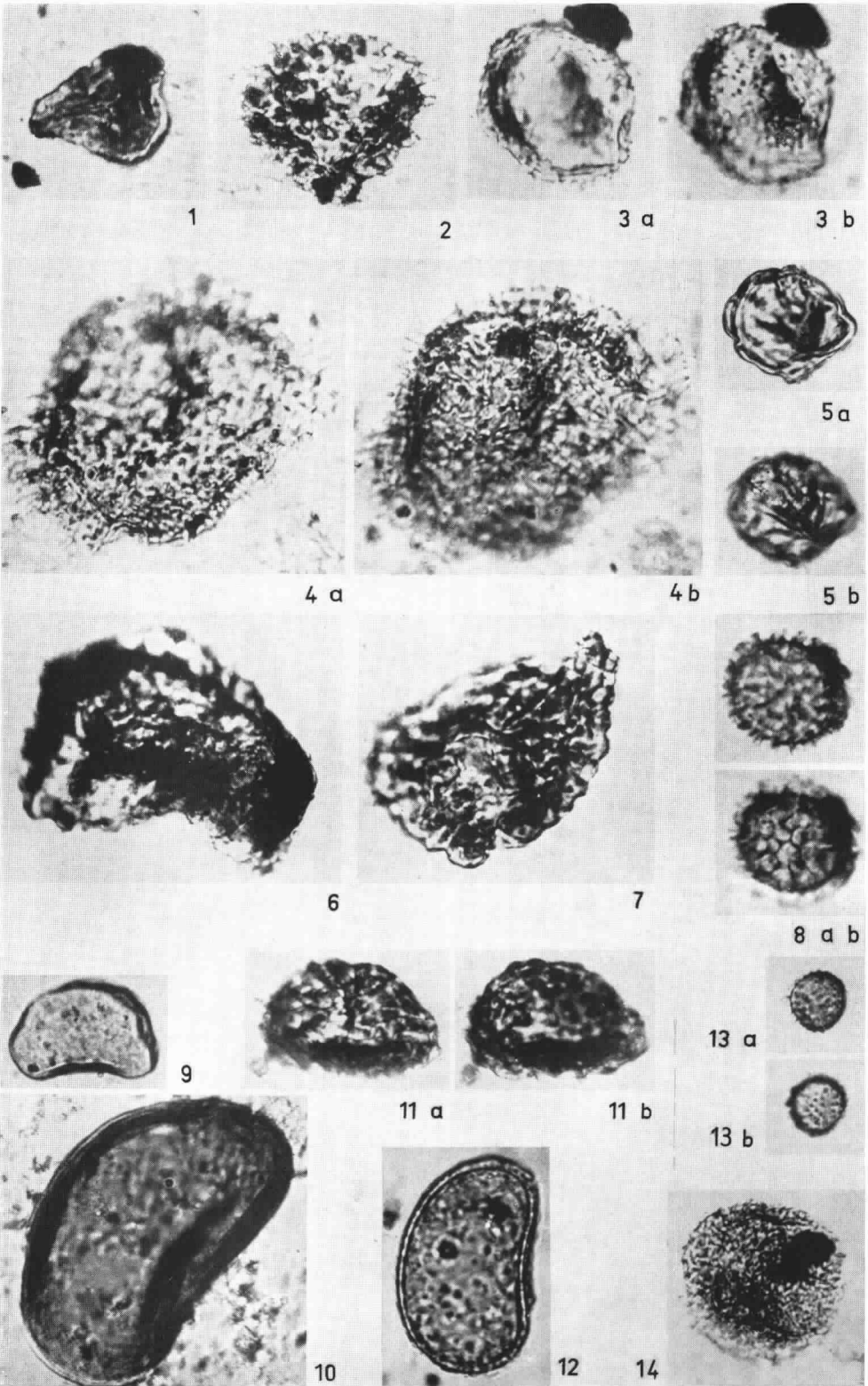
Alle Präparate befinden sich im Geologischen Institut der Technischen Hochschule München.
Photos: ADOX KB 14, Exacta-Varex, 10er Periplan, ZEISS 50/0,85.

Vergrößerung aller Abbildungen ca. 750 x.



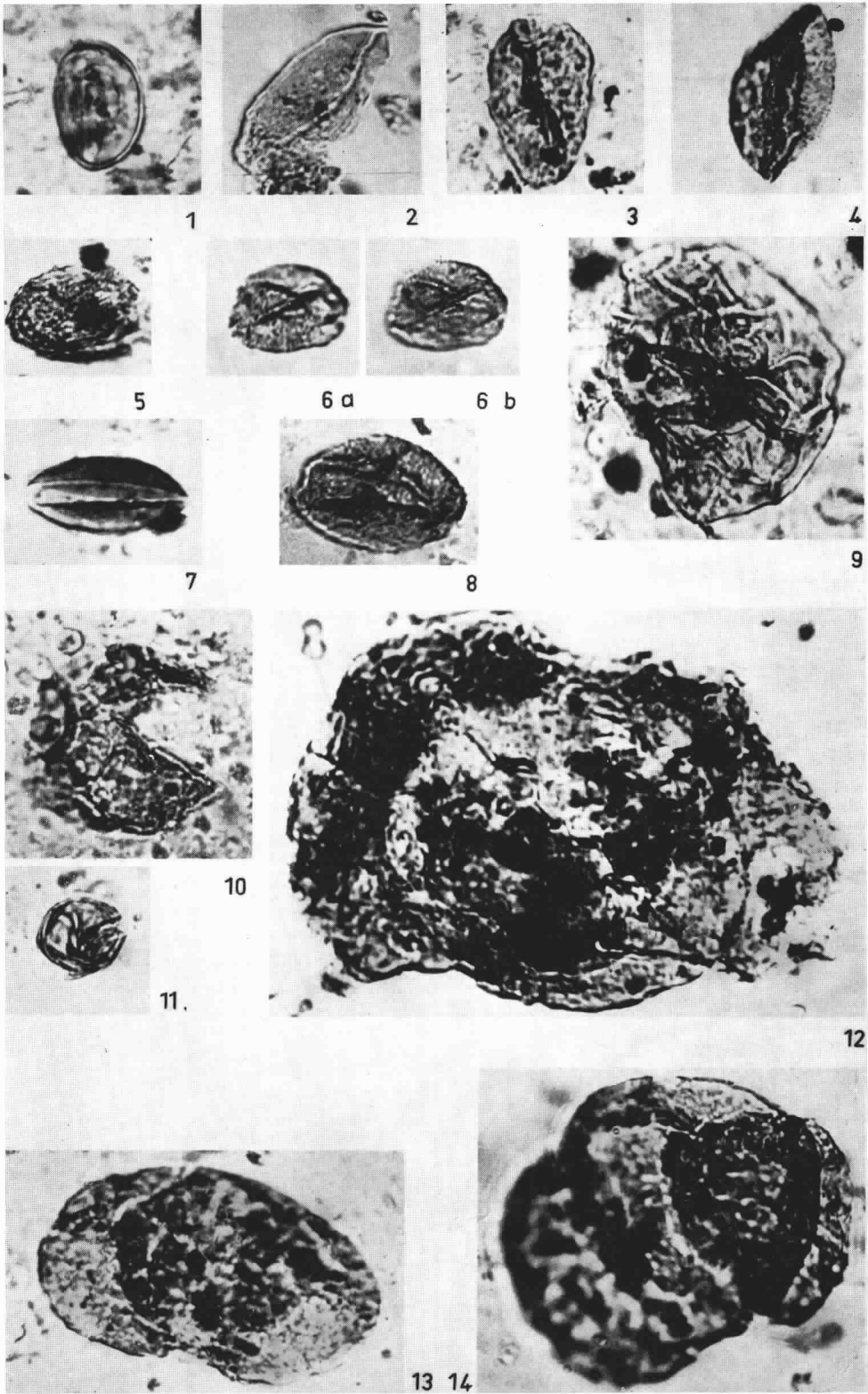
Tafel II

Abb. Nr.		Präp. Nr.	Kreuztisch-Zahl
1	<i>Concavispor. sp.</i>	139/2	25.3 : 88.0
2	<i>Echinatispor. sp.</i>	136	46.5 : 78.5
3a, b	<i>Baculatispor. primarius</i>	217	25.8 : 73.6
4a, b	<i>Echinatispor. sp.</i>	130/2	24.6 : 83.5
5a, b	cf. <i>Rugulatispor. quintus</i>	136/2	26.5 : 86.8
6	<i>Verrucosispor. ? caelatus</i>	28	20.2 : 79.3
7	<i>Trilites solidus</i>	141	49.1 : 90.9
8a, b	<i>Microreticulatispor. reissingeri</i>	77/2	27.6 : 76.1
9	<i>Laevigatospor. haardtii</i>	165/2	34.5 : 86.7
10	<i>Laevigatospor. haardtii</i>	226	38.8 : 84.4
11a, b	<i>Reticuloidospor. favus</i>	217	23.2 : 88.8
12	<i>Verrucatospor. secundus</i>	32	29.6 : 76.0
13a, b	<i>Apiculati</i>	17	24.8 : 75.9
14	<i>Apiculati</i>	123	39.4 : 88.6



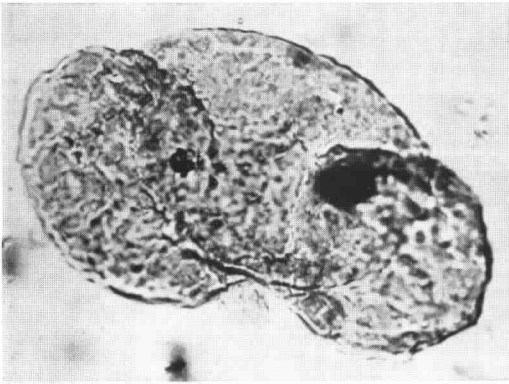
Tafel III

Abb. Nr.		Präp. Nr.	Kreuztisch-Zahl
1	<i>Monocolpopoll. zieveleensis</i>	112/2	20.5 : 83.2
2	<i>Monocolpopoll. tranquillus</i>	13/2	17.9 : 77.8
3	<i>Monocolpopoll. areolatus</i>	241	23.5 : 78.8
4	<i>Monocolpopoll. areolatus</i>	14/2	14.9 : 83.4
5	<i>Monocolpopoll. serratus</i>	27	35.9 : 82.4
6a, b	<i>Inaperturopoll. dubius</i>	146	44.9 : 89.0
7	<i>Monocolpopoll. sp.</i>	184/2	20.2 : 83.9
8	<i>Inaperturopoll. emmaensis</i>	231/2	32.2 : 80.8
9	<i>Inaperturopoll. magnus</i>	248/2	19.5 : 89.3
10	<i>Inaperturopoll. hiatus</i>	105/2	32.4 : 85.1
11	<i>Inaperturopoll. polyformosus</i>	27/2	32.8 : 86.2
12	<i>Zonalapoll. igniculus</i>	103	34.2 : 90.3
13	<i>Pityospor. microalatus</i>	115/2	24.5 : 89.3
14	<i>Pityospor. microalatus</i>	44	21.7 : 84.3

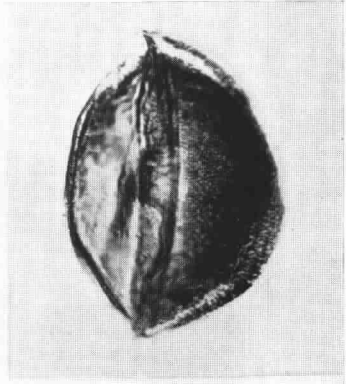


Tafel IV

Abb. Nr.		Präp. Nr.	Kreuztisch-Zahl
1	<i>Pityospor. labdacus</i>	129	36.1 : 85.6
2	<i>Pityospor. alatus</i>	36/2	21.2 : 92.3
3	<i>Pityospor. sp.</i>	27/2	29.2 : 83.1
4a, b	<i>Pityospor. sp.</i>	27	35.3 : 86.4
5a, b	<i>Monoporopoll. sparganioides</i>	39	33.3 : 77.3
6a, b	cf. <i>Sparganium</i>	190	22.1 : 88.4
7	<i>Monoporopoll. gramineoides</i>	73/2	22.9 : 74.8



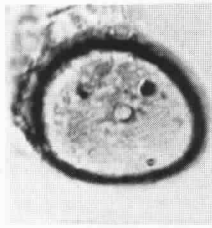
1



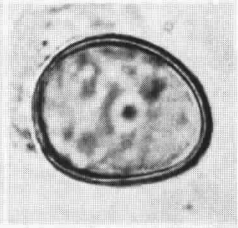
2



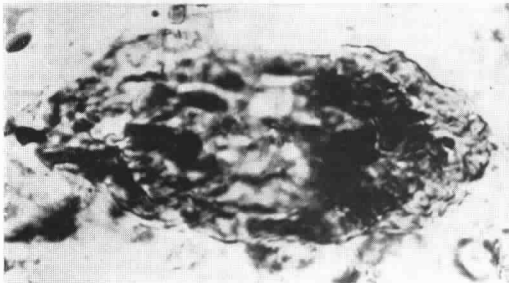
3



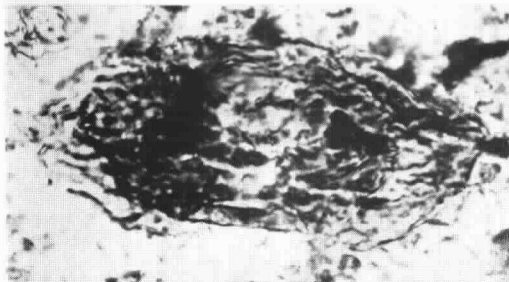
5 a



5 b



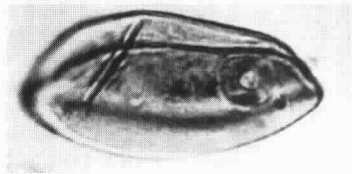
4 a



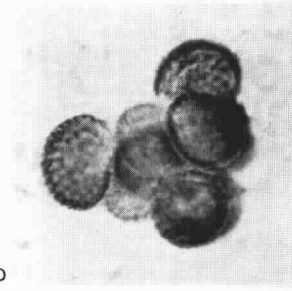
4 b



6 a



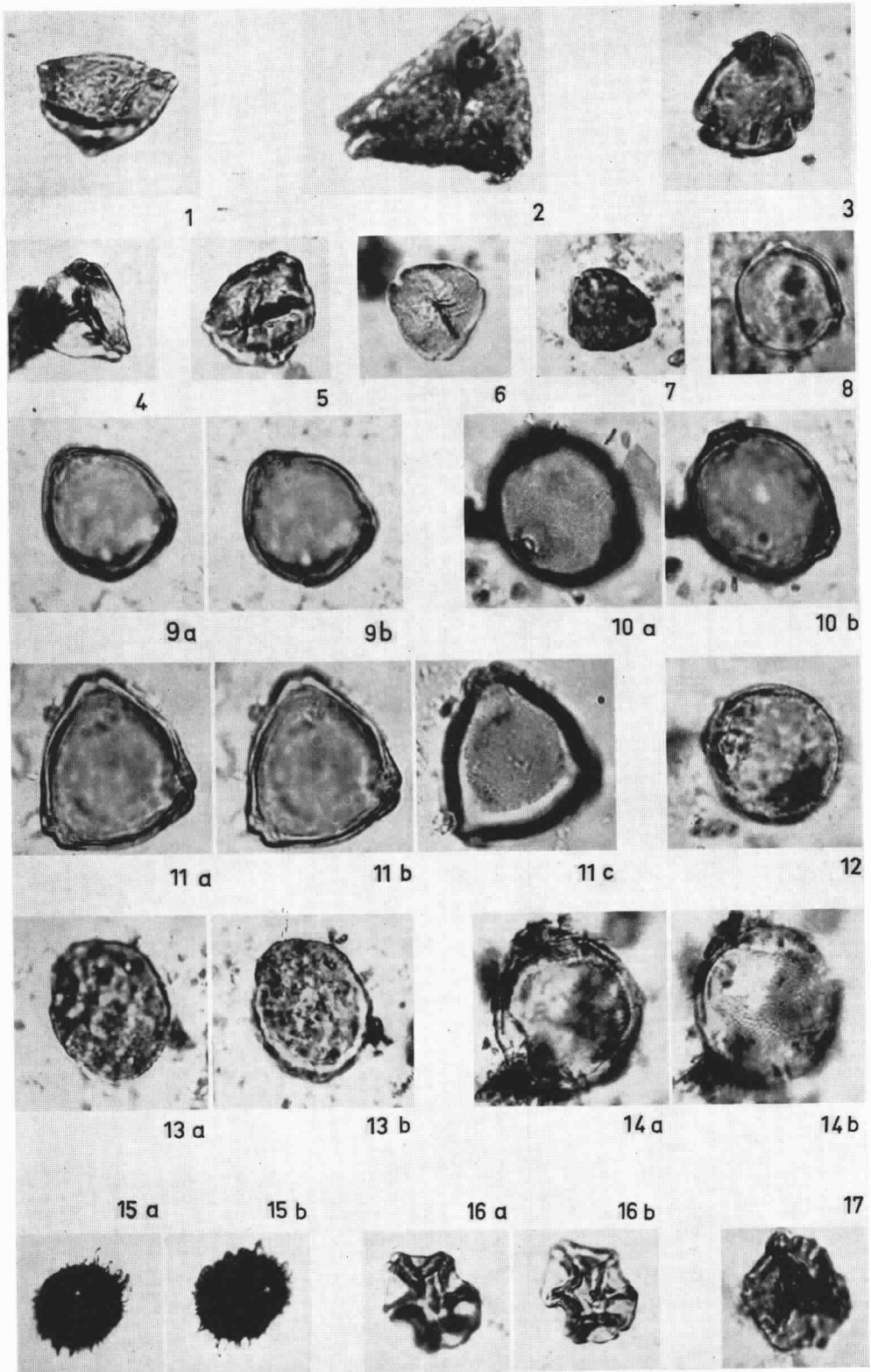
7



6 b

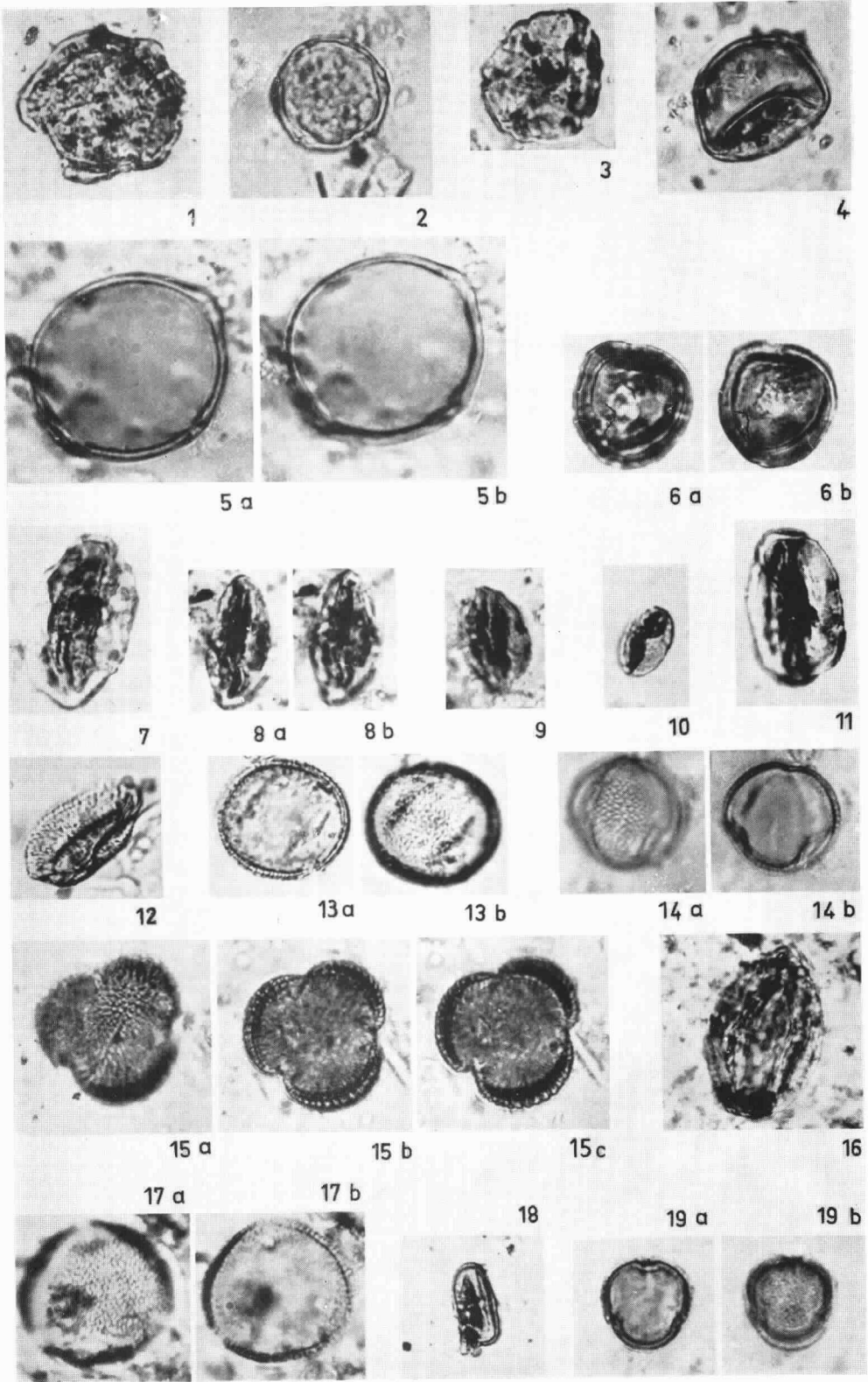
Tafel V

Abb. Nr.		Präp. Nr.	Kreuztisch-Zahl
1	<i>Extratripoporoll. pseudogranifer</i>	110	20.6 : 81.9
2	<i>Extratripoporoll. thiergarti</i>	220/2	28.2 : 86.3
3	<i>Extratripoporoll. hemiperfectus</i>	27	22.5 : 90.9
4	<i>Triatriopoll. excelsus</i>	138	30.2 : 90.7
5	<i>Triatriopoll. myricoides</i>	113	18.0 : 79.8
6	<i>Triatriopoll. coryphaeus subsp. punctatus</i>	27/2	34.6 : 86.7
7	<i>Triatriopoll. coryphaeus subsp. microcoryphaeus</i>	139	31.0 : 82.4
8	<i>Trivestibulopoll. betuloides</i>	208/2	19.4 : 86.9
9a, b	<i>Triatriopoll. cf. bituitus</i>	121	23.0 : 90.2
10a, b	<i>Trivestibulopoll. prominens</i>	28	22.1 : 87.6
11a, b, c	<i>Trivestibulopoll. betuloides</i>	91/2	22.7 : 90.5
12	<i>Subtripoporoll. constans</i>	25	23.0 : 89.0
13a, b	<i>Subtripoporoll. simplex</i>	27	25.3 : 91.6
14a, b	<i>Intratripoporoll. instructus</i>	184/2	23.6 : 79.8
15a, b	<i>Intratripoporoll. rhizophorus</i>	97	28.6 : 91.5
16a, b	<i>Polyvestibulopoll. verus</i>	18	30.0 : 92.0
17	<i>Polyvestibulopoll. verus</i>	158	33.9 : 91.7



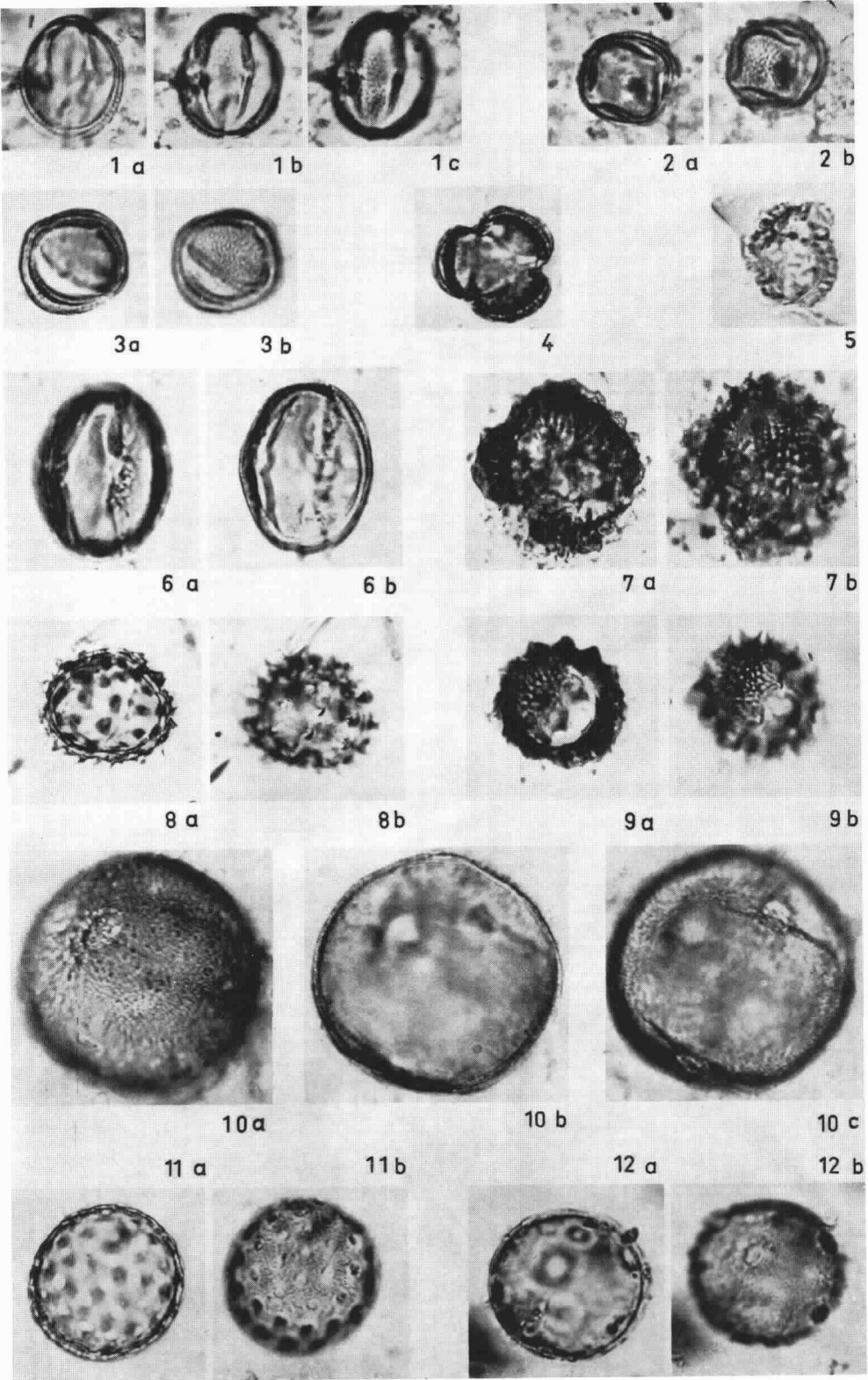
Tafel VI

Abb. Nr.		Präp. Nr.	Kreuztisch-Zahl
1	<i>Tetrapollis validus</i>	150/2	25.1 : 78.5
2	<i>Polyporopoll. undulosus</i>	77/2	31.0 : 86.2
3	<i>Polyporopoll. stellatus</i>	141	36.2 : 77.2
4	<i>Polyporopoll. carpinoides</i>	21	20.5 : 75.4
5a, b	<i>Polyporopoll. carpinoides</i>	208/2	30.5 : 88.1
6a, b	<i>Porocolpopoll. rotundus</i>	110	33.5 : 82.0
7	cf. <i>Tricolpopoll. henrici</i>	123/2	27.5 : 84.0
8a, b	<i>Tricolpopoll. microhenrici</i>	27	25.4 : 78.6
9	<i>Tricolpopoll. liblarensis</i>	221	23.2 : 91.3
10	<i>Tricolpopoll. liblarensis subsp. fallax</i>	18	28.0 : 90.4
11	<i>Tricolpopoll. parmularius</i>	105	34.4 : 76.5
12	<i>Tricolpopoll. retiformis</i> (Salix-Typ)	18	25.5 : 77.7
13a, b	<i>Tricolpopoll. retiformis</i> (Platanus-Typ)	17	35.9 : 76.5
14a, b	<i>Tricolpopoll. retiformis</i> (Platanus-Typ)	208/2	32.8 : 90.1
15a, b, c	<i>Tricolpopoll. sp.</i> (Cruciferen-Typ)	22/2	26.0 : 79.0
16	<i>Tricolporopoll. pseudocingulum</i>	27	35.4 : 81.5
17a, b	<i>Tricolporopoll. sp.</i> (Oleaceen-Typ)	208/2	29.7 : 82.2
18	<i>Tricolporopoll. cingulum subsp. oviformis</i>	32	33.7 : 78.3
19a, b	<i>Tricolporopoll. microreticulatus</i> (Sambucus-Typ)	25	37.2 : 80.5



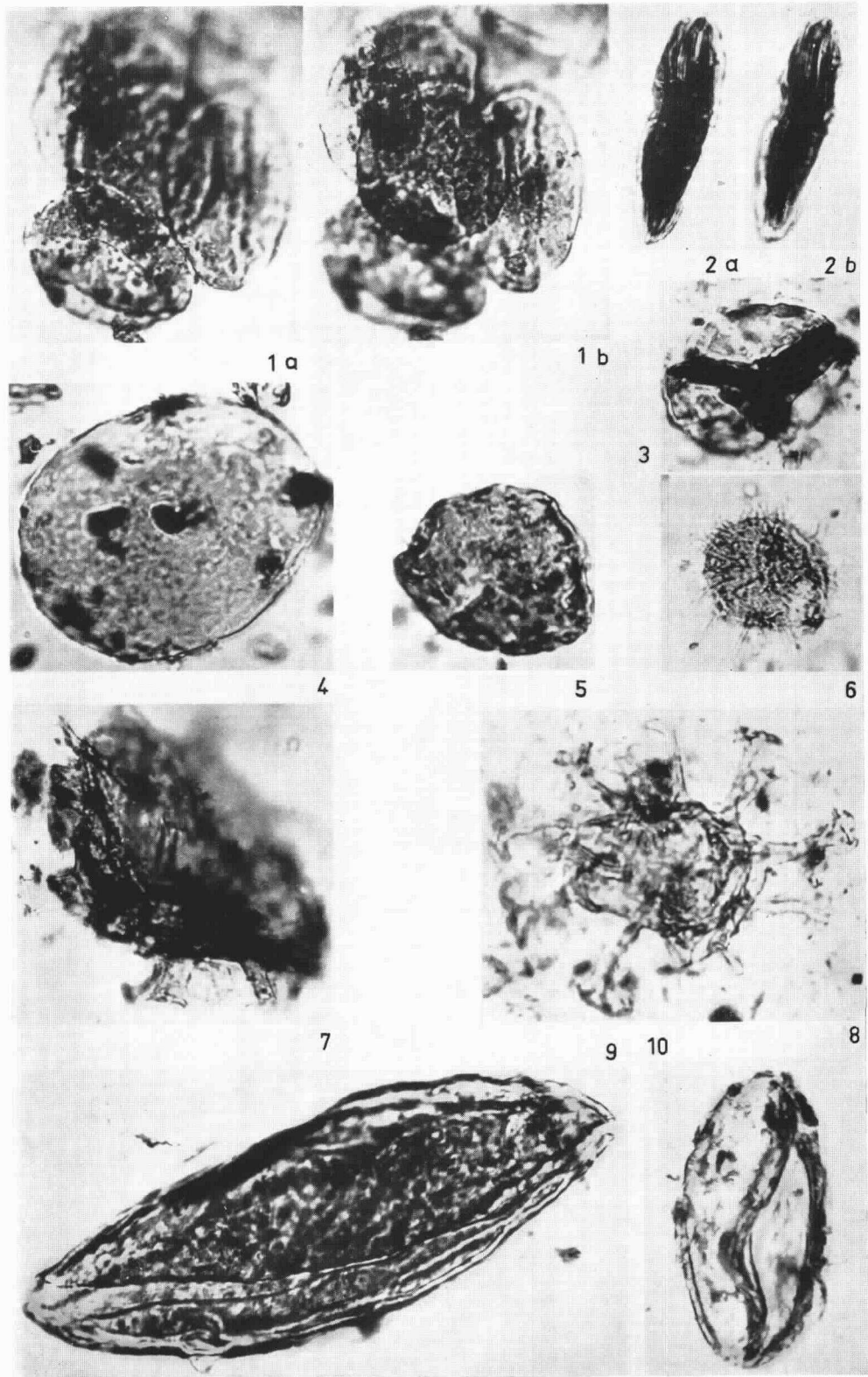
Tafel VII

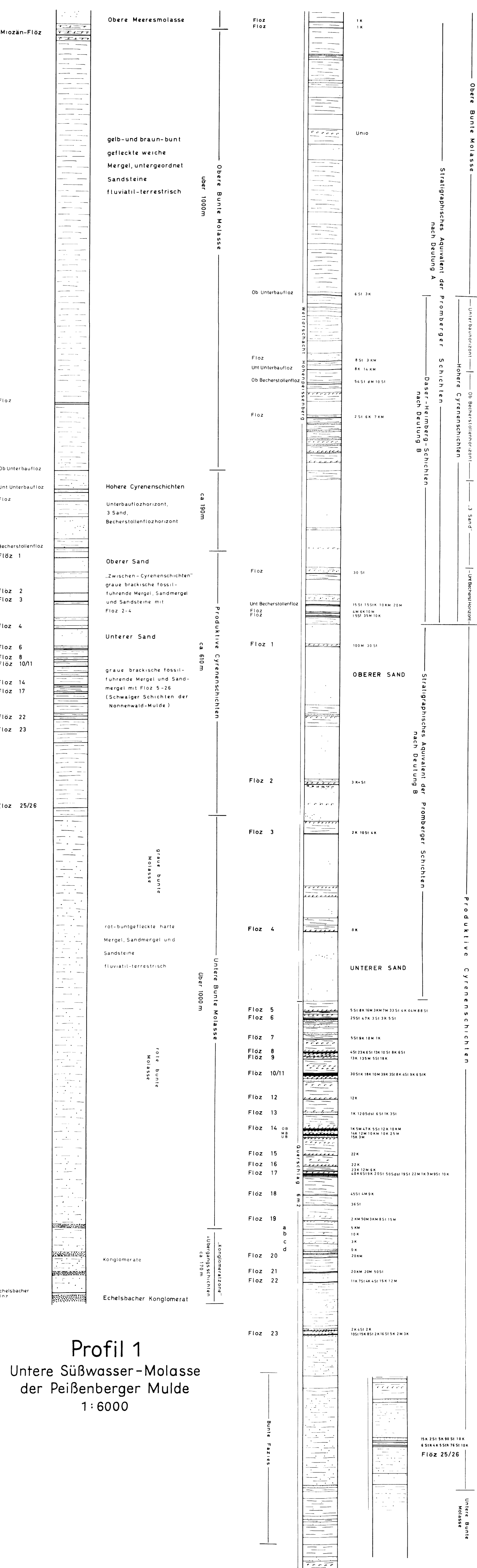
Abb. Nr.		Präp. Nr.	Kreuztisch-Zahl
1a, b, c	<i>Tricolporopoll. microreticulatus</i> (<i>Sambucus</i> -Typ)	206	29.0 : 81.7
2a, b	<i>Tricolporopoll. microreticulatus</i> (<i>Viburnum</i> -Typ)	19	20.0 : 83.3
3a, b	<i>Tricolporopoll. microreticulatus</i> (<i>Viburnum</i> -Typ)	191	29.0 : 83.1
4	<i>Tricolporopoll. microreticulatus</i> (<i>Viburnum</i> -Typ)	28	27.3 : 81.8
5	<i>Tricolporopoll. microiliacus</i>	11	23.9 : 84.6
6a, b	<i>Tricolporopoll. satzveyensis</i>	209	28.1 : 74.0
7a, b	<i>Tricolporopoll. sp.</i> (<i>Compositen</i> -Typ)	45	27.9 : 79.9
8a, b	<i>Tricolporopoll. sp.</i> (<i>Compositen</i> -Typ)	18/2	29.5 : 85.0
9a, b	<i>Tricolporopoll. sp.</i> (<i>Compositen</i> -Typ)	34	39.9 : 77.6
10a, b, c	<i>Tricolporopoll. sp.</i> (<i>Fagus</i> -Typ)	36	35.1 : 90.6
11a, b	<i>Periporopoll. perforatus</i>	46	35.4 : 83.9
12a, b	<i>Periporopoll. multistigmosus</i>	17	26.7 : 80.5



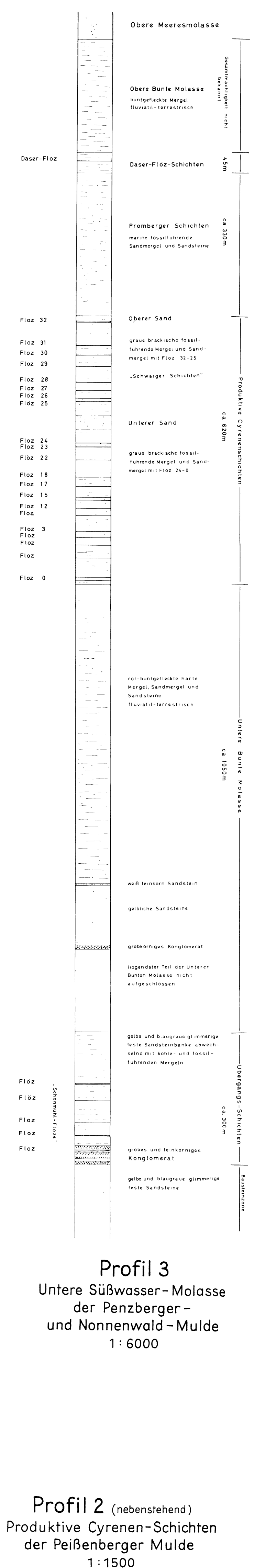
Tafel VIII

Abb. Nr.		Präp. Nr.	Kreuztisch-Zahl
1a, b	<i>Classopollis</i>	148	49.8 : 88.3
2a, b	<i>Ephedra</i>	135	39.6 : 87.8
3	<i>Tetrade</i>	27	21.7 : 75.7
4	<i>Varia</i>	13/2	35.0 : 77.0
5	<i>Varia</i>	139	32.4 : 89.3
6	<i>Hystrichosphaeridae</i>	198/2	26.7 : 81.4
7	<i>Hystrichosphaeridae</i>	254	22.8 : 89.8
8	<i>Hystrichosphaeridae?</i>	119	36.6 : 76.1
9	<i>Ovoidites ligneolus</i>	18/2	31.5 : 80.9
10	<i>Ovoidites ligneolus</i>	29/2	30.9 : 85.6

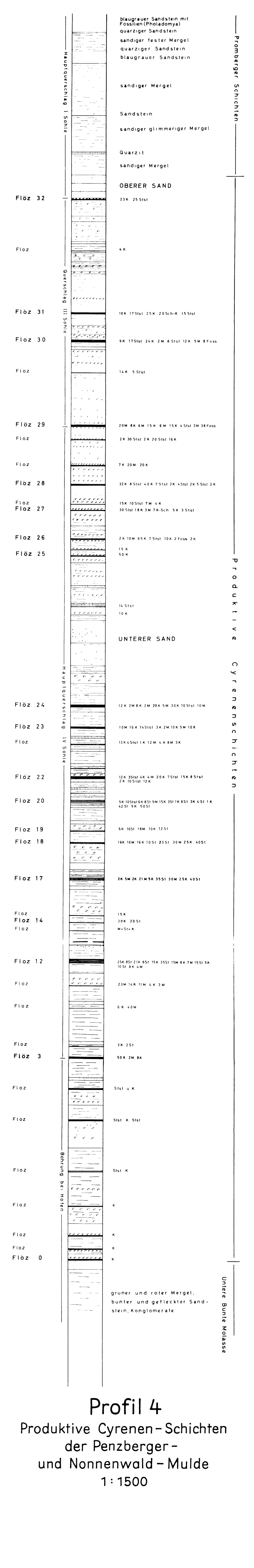




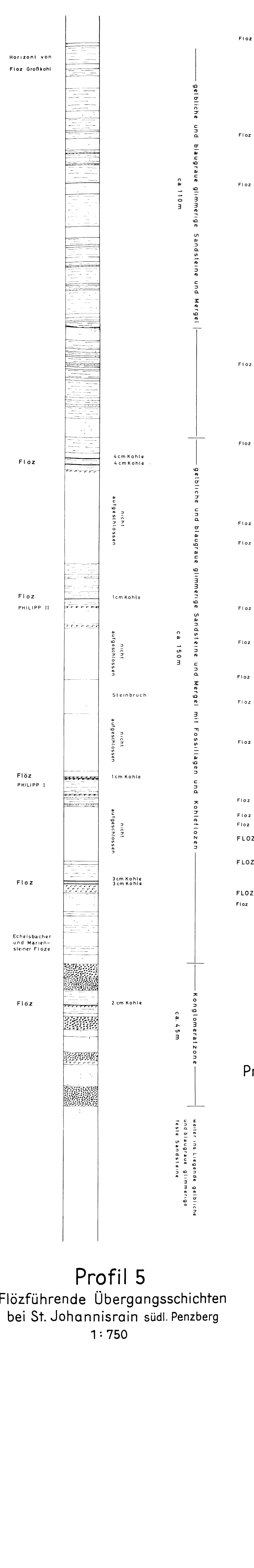
Profil 1
Untere Süßwasser-Molasse
der Peißenberger Mulde
1: 6000



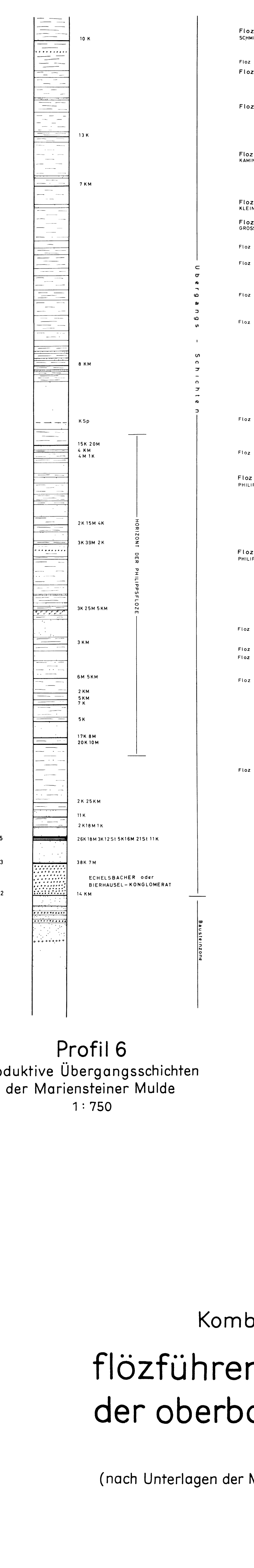
Profil 2 (nebenstehend)
Produktive Cyrenen-Schichten
der Peißenberger Mulde
1: 1500



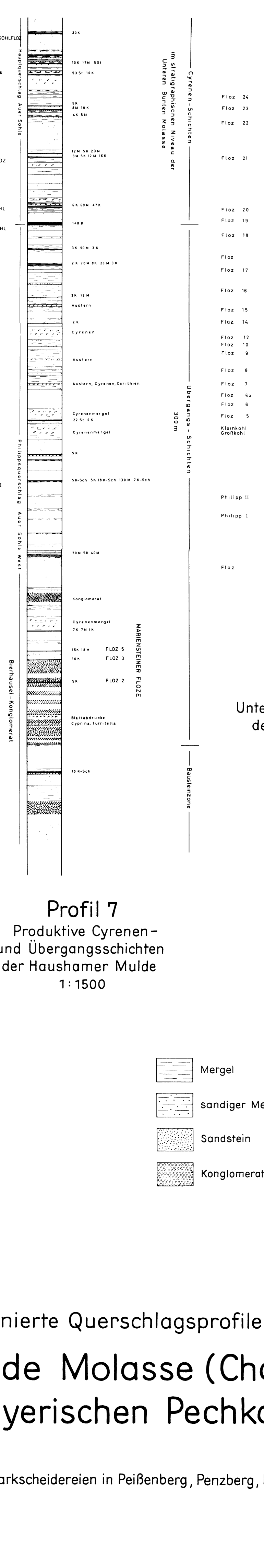
Profil 3
Untere Süßwasser-Molasse
der Penzberger-
und Nonnenwald-Mulde
1: 6000



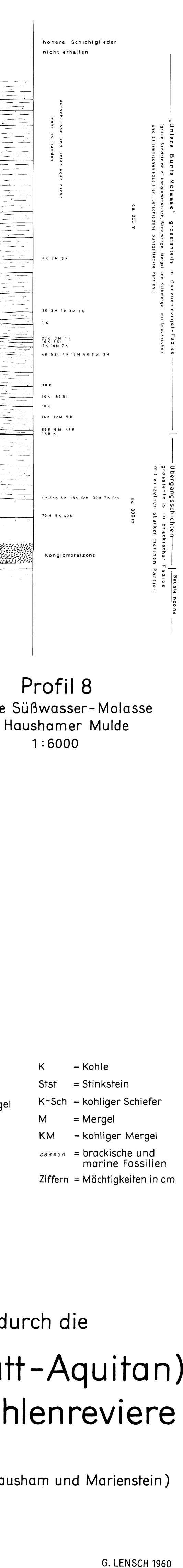
Profil 4
Produktive Cyrenen-Schichten
der Penzberger-
und Nonnenwald-Mulde
1: 1500



Profil 5
Flözführende Übergangsschichten
bei St. Johannisrain südl. Penzberg
1: 750



Profil 6
Produktive Übergangsschichten
der Mariensteiner Mulde
1: 750



Profil 7
Produktive Cyrenen-
und Übergangsschichten
der Haushamer Mulde
1: 1500

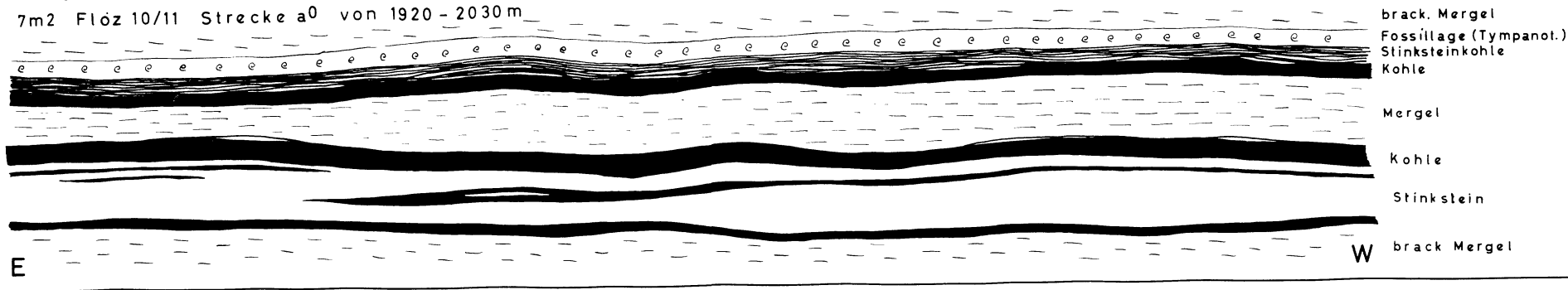
Profil 8
Untere Süßwasser-Molasse
der Haushamer Mulde
1: 6000

- | | | | |
|--|-----------------|--|---------------------------------|
| | Mergel | | K = Kohle |
| | sandiger Mergel | | Stst = Stinkstein |
| | Sandstein | | K-Sch = kohliger Schiefer |
| | Konglomerat | | M = Mergel |
| | | | KM = kohliger Mergel |
| | | | brackische und marine Fossilien |
| | | | Ziffern = Mächtigkeiten in cm |

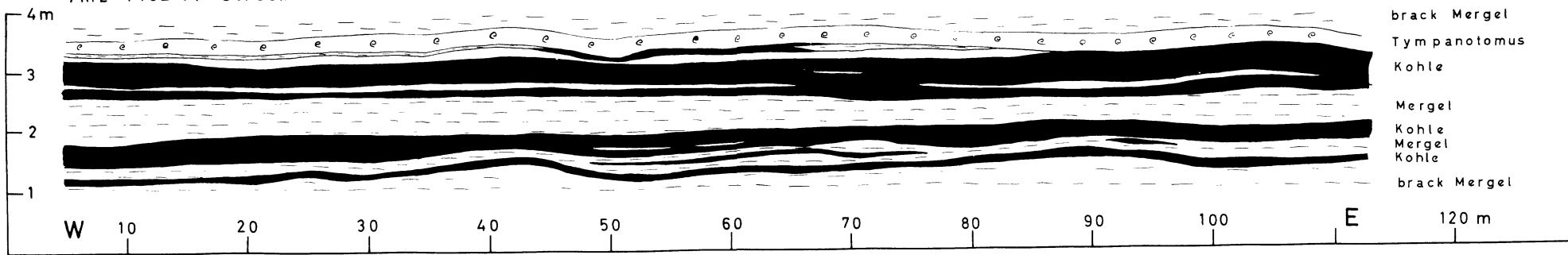
Kombinierte Querschlagsprofile durch die flözführende Molasse (Chatt-Aquitän) der oberbayerischen Pechkohlenreviere

(nach Unterlagen der Markscheidereien in Peißenberg, Penzberg, Haushamer und Marienstein)

7m2 Flöz 10/11 Strecke a⁰ von 1920 - 2030 m



7m2 Flöz 14 Strecke b⁰ von 485 - 600 m



7m2 Flöz 17 Strecke b⁰ von 265 - 355 m



Charakteristische
Ausbildungen
von Pechkohlenflözen
der Peißenberger Mulde

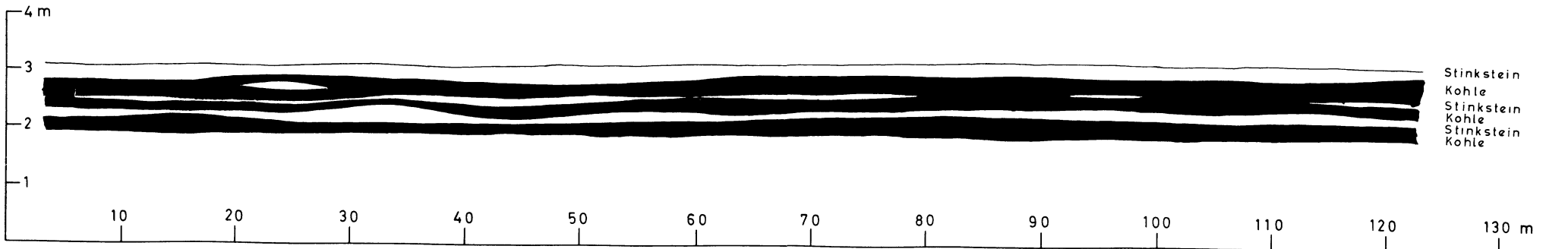
W

E

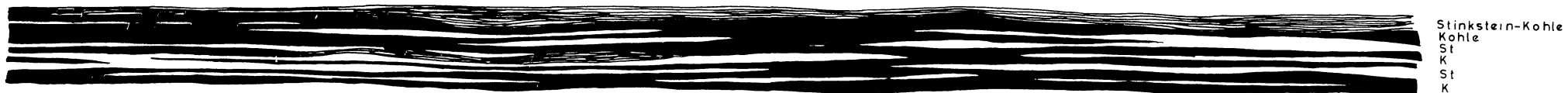
6 m1 Flöz 10/11 Überhauen a² - 5. Sohle



7 m1 Flöz 10/11 Überhauen b⁰ - b²



8 m1 Flöz 10/11 Abbau a⁰ bei 455m ab Abh. 8. Sohle









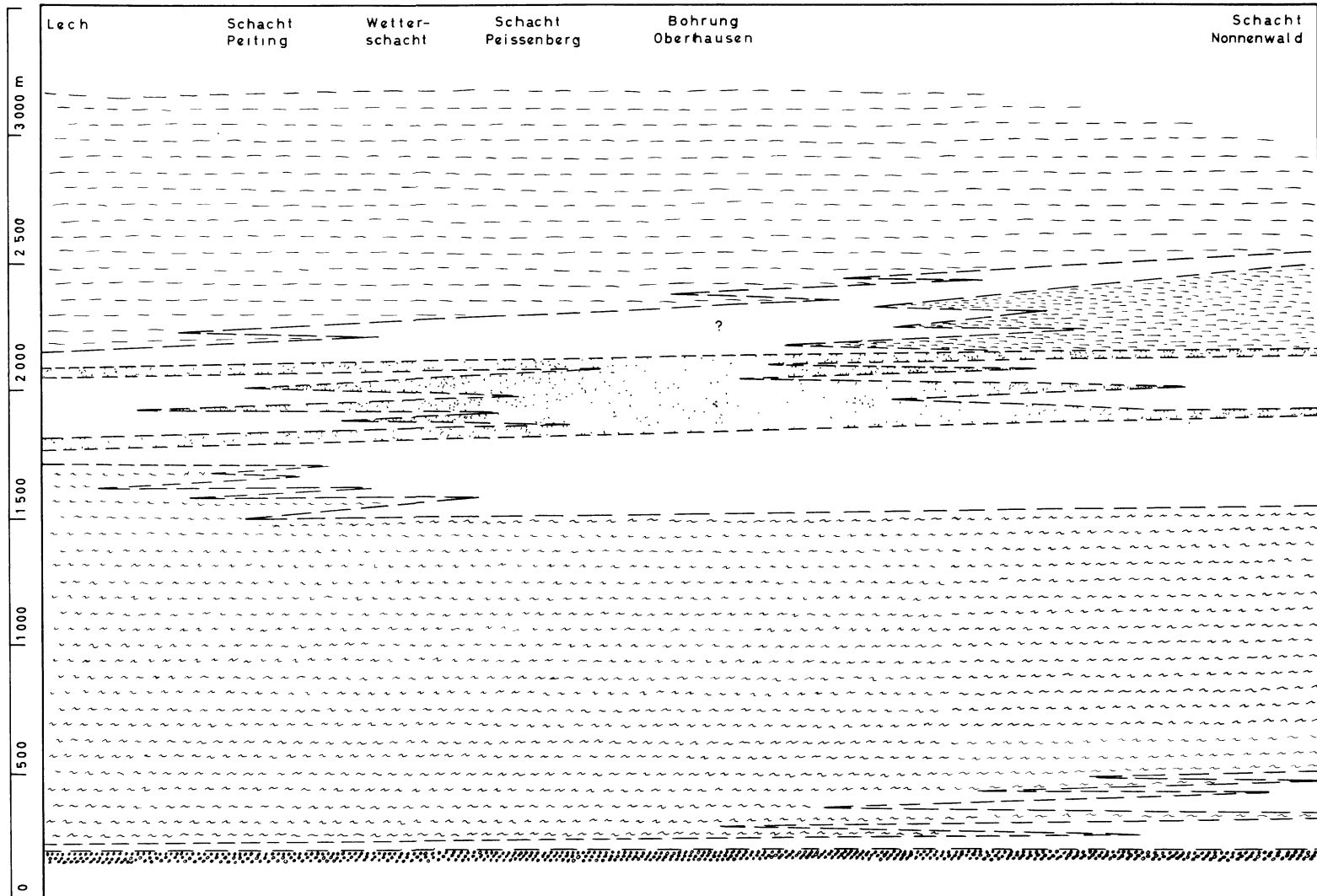
Fazielle Veränderung des Flözes 10/11 der Peißenberger Mulde:
Flözverschlechterung von Nord nach Süd durch zunehmend nassere Bildungsbedingungen.

Schematisches Faziesprofil Peissenberger Mulde- Nonnenwald-Mulde

im Bereich der flözführenden
Molasseschichten

Deutung A

-  Obere Bunte Molasse
-  Promberger Schichten
-  sterile Sandfazies in den
Cyrenenschichten
-  produktive Cyrenenschichten
-  Untere Bunte Molasse
-  Konglomeratzone der
Bausteinschichten



Schematisches Faziesprofil Peissenberger Mulde - Nonnenwald-Mulde

im Bereich der flözführenden Molasse-
schichten

Deutung B



Obere Bunte Molasse



Promberger Schichten



sterile Sandfazies in den
Cyrenenschichten



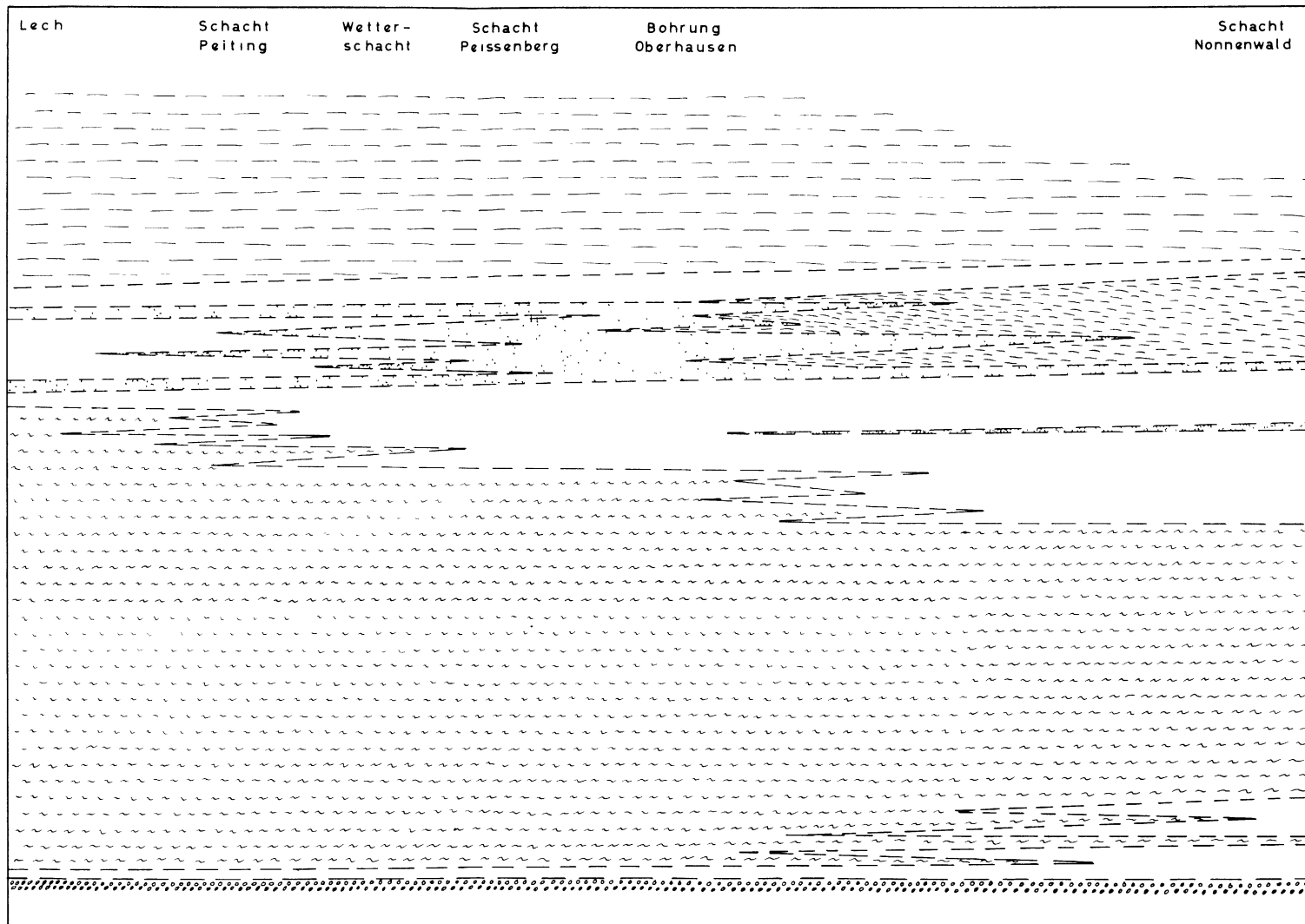
produktive Cyrenenschichten

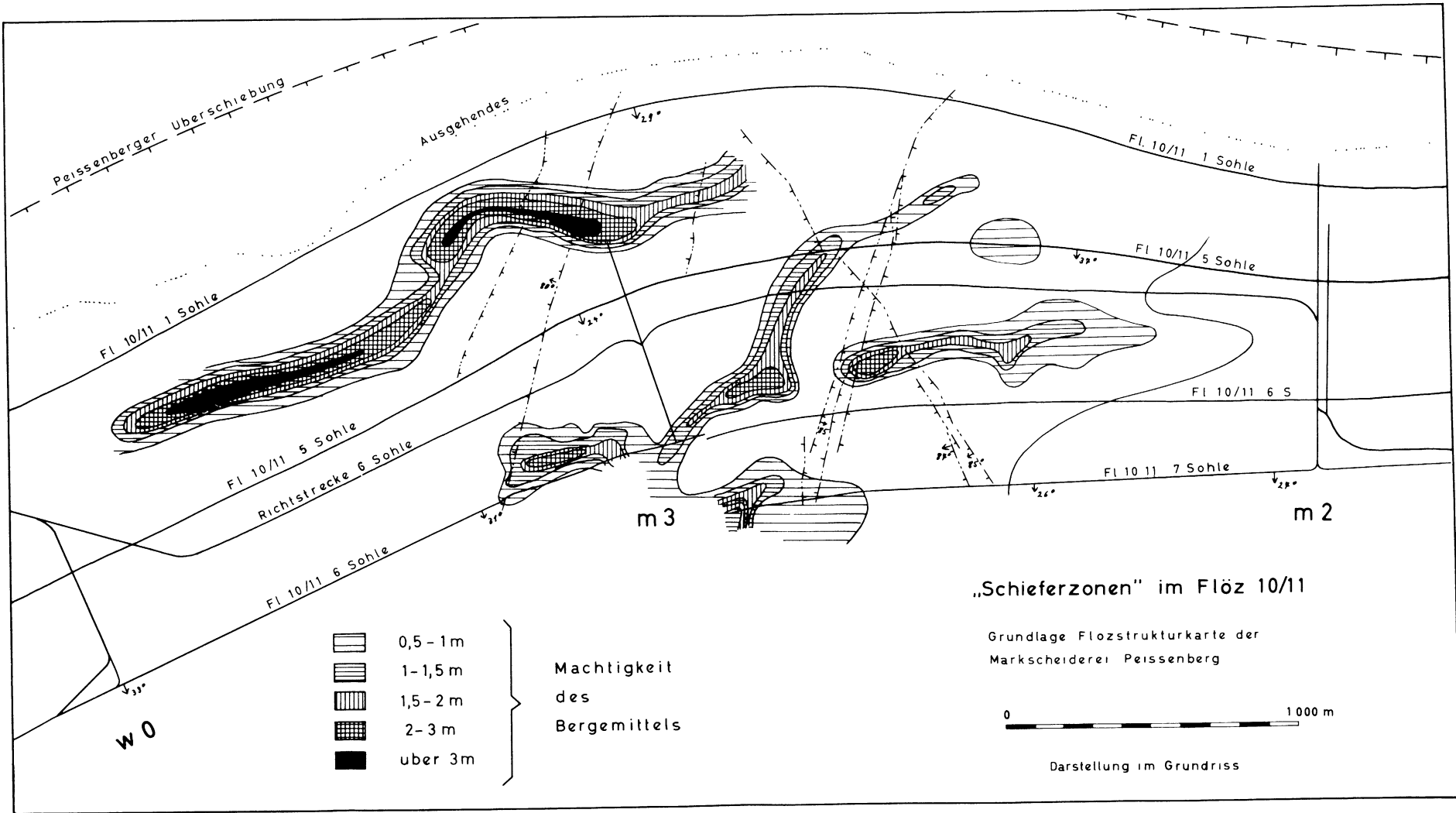


Untere Bunte Molasse



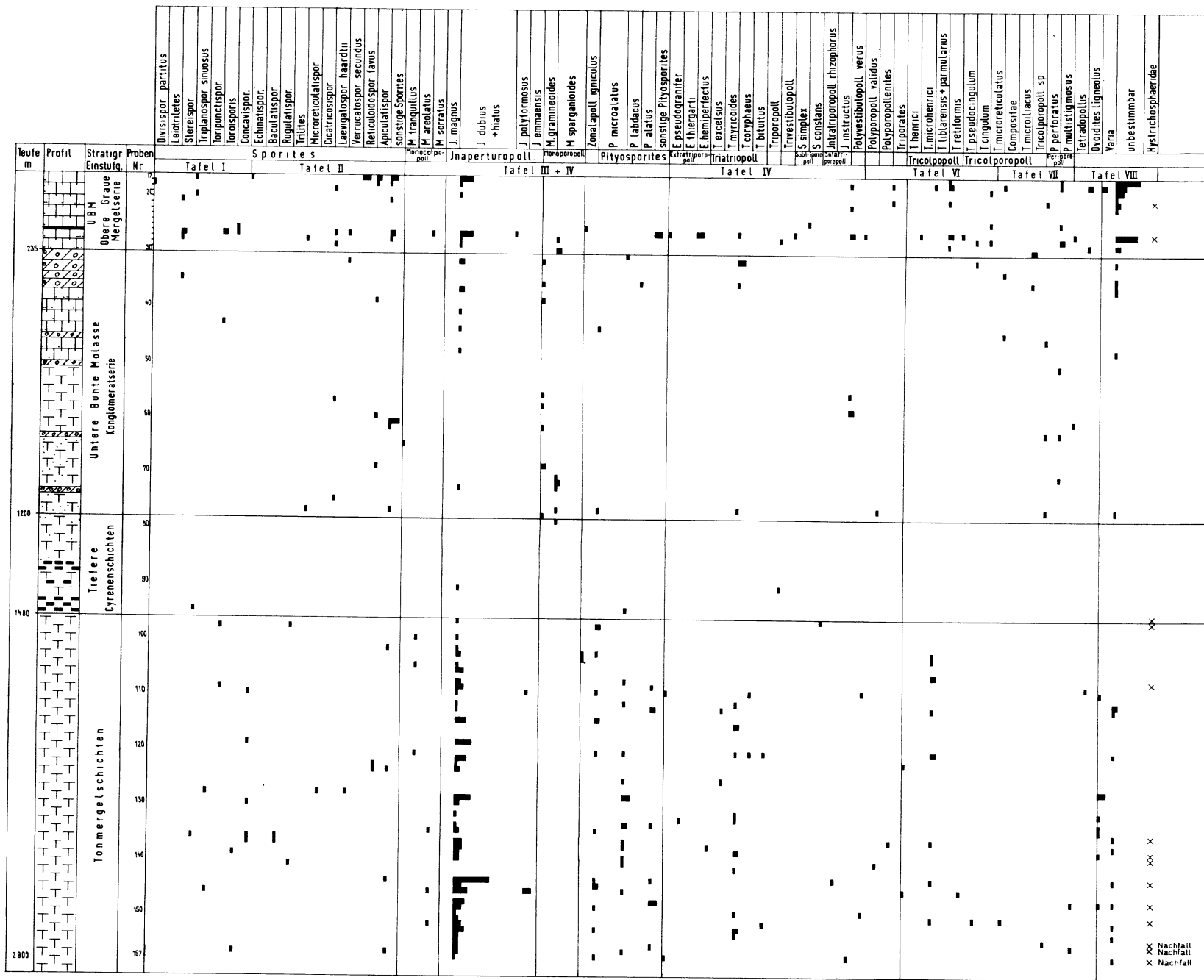
Konglomeratzone der
Bausteinschichten





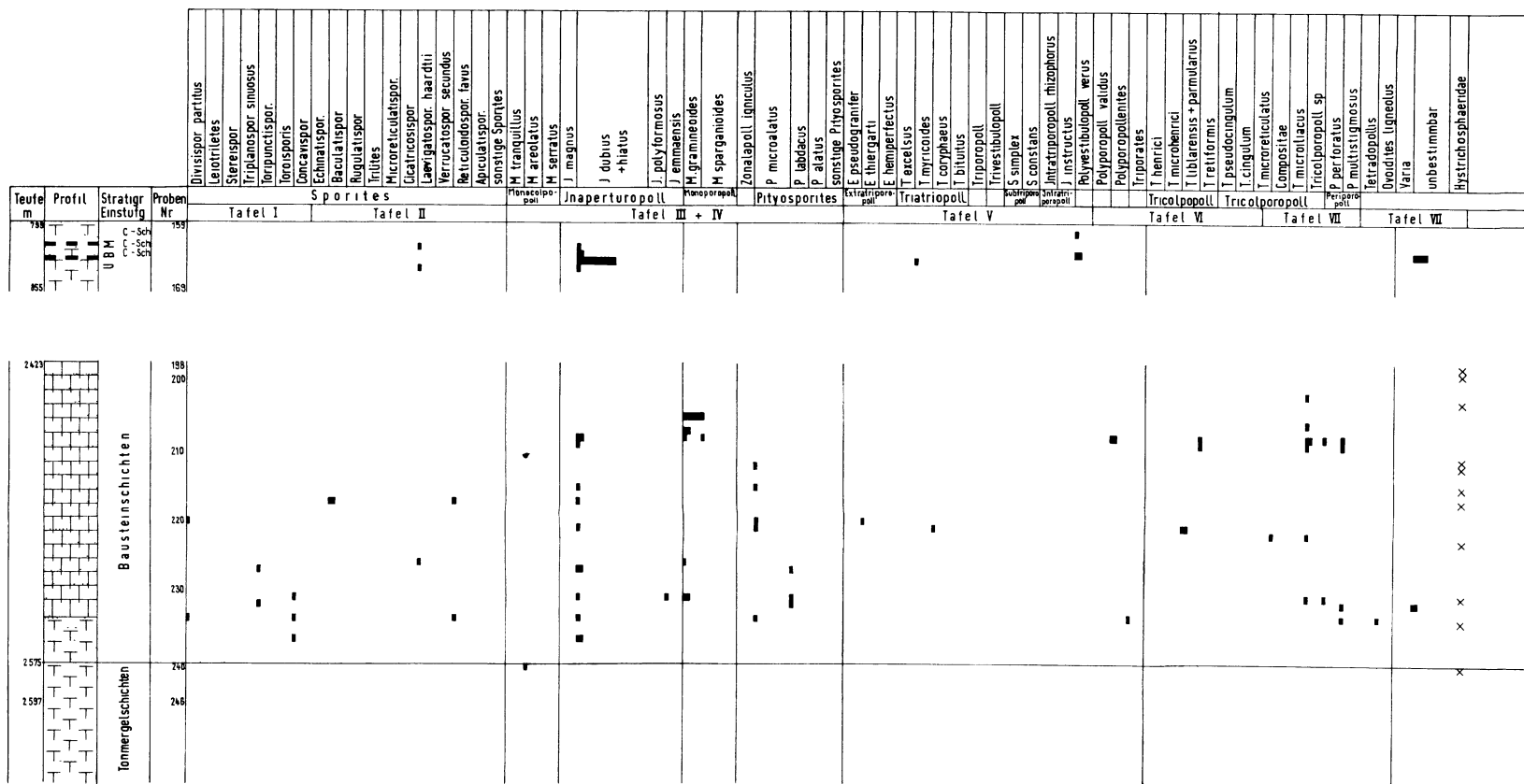
7a Gesamt - Diagramm der Bohrung
Murnau 1

Sput- und Kernproben



7b Gesamt - Diagramm der Bohrung
Murnau 2

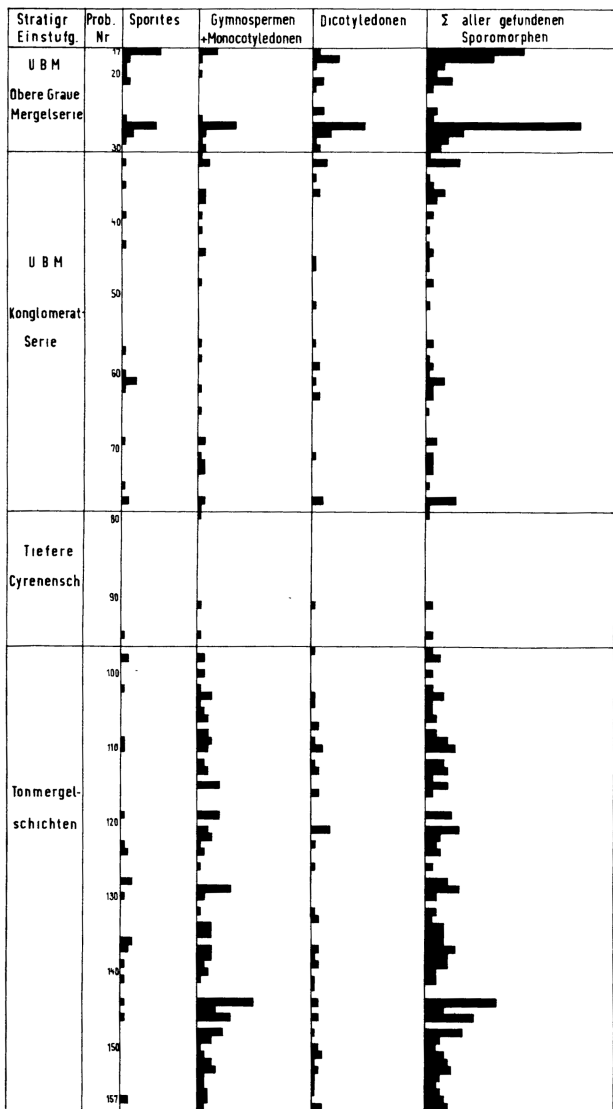
Kernproben



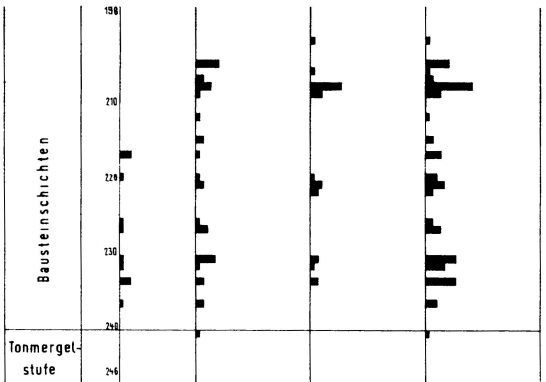
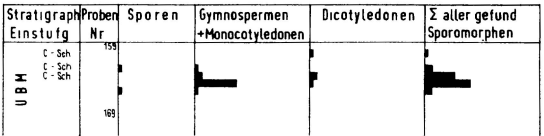
Legende

- Konglomerat
- Sand
- Sandstein
- Sandmergel
- sandiger Kalkmergel
- Kalkmergel
- Tonmergel, Mergelstein
- Tonflaser
- Ton
- Kohlenschmitzen bzw -floschen
- Sediment glimmerhaltig
- Dolomitskonglomerat

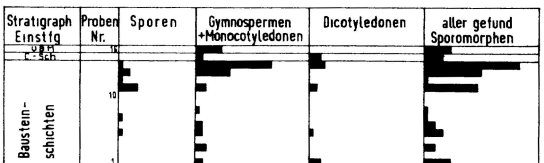
8a Summendiagramm
Bohrung Murnau 1



8b Summendiagramm Bohrung Murnau 2

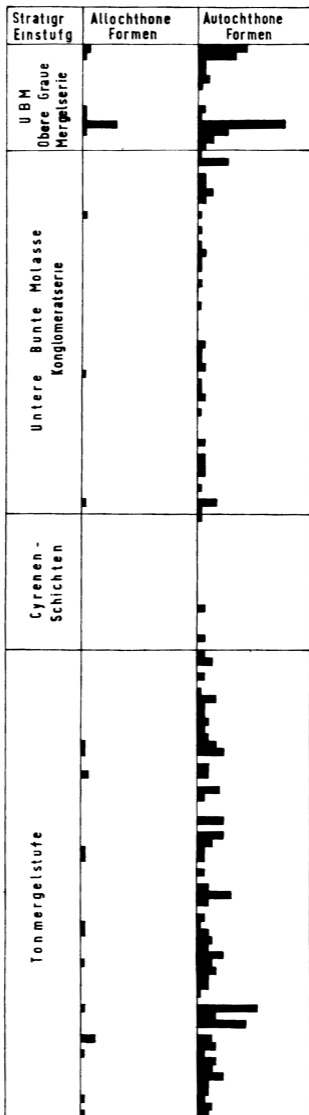


8c Summendiagramm Nachtgraben



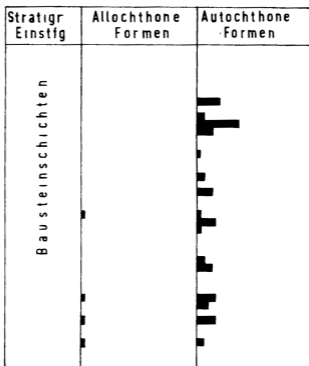
9a Anteil allochthoner Sporomorphen

Bohrung Murnau 1

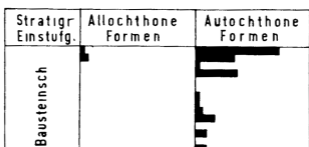


9b Anteil allochthoner Sporomorphen

Bohrung Murnau 2



Nachtgraben



9c Sporologisches Diagramm zur paläogeographischen Entwicklung
in der Gefalteten Molasse

Stratigraph Einstufung	dubius+hiatus gefl Coniferen	Gramineae Sparganioides	Brevaxoner	Longaxoner	Chenopo- diaceae	Hystricho- sphaeridae
Graue Mergel der U B M						x x
Konglomerate der U B M						
Tiefere Cyrenenschichten						
Bausteinschichten						x x x x x x
Tonmergelschichten						x x x x x x

