

# Kohlengeologische Erkundung des Neogens entlang des Ostrandes der Zentralalpen

Von KARL NEBERT\*)

Mit 46 Abbildungen und 14 Tabellen

Steiermark  
Burgenland  
Neogenbuchten  
Zyklische Sedimentation  
Lignit

Österreichische Karte 1 : 50.000  
Blätter 135, 136, 137, 165, 166

## Inhalt

Zusammenfassung, Summary	24
1. Einleitung	24
2. Regionalgeologischer Rahmen des erkundeten Gebietes	24
3. Das Konzept der kohlengeologischen Erkundung	26
3.1. Die lithologische Faziesanalyse	26
3.2. Die Schwermineralanalyse	26
3.3. Schlußbetrachtungen	30
4. Gliederung der Neogenablagerungen entlang des Ostrandes der Zentralalpen	30
5. Der Tauchener Sedimentationszyklus	33
5.1. Sinnersdorf-Formation	33
5.1.1. Ausbildung und Schichtfolge der Sinnersdorf-Formation	35
5.1.2. Stratigraphische Abgrenzung, Lagerungsverhältnisse und Mächtigkeit der Sinnersdorf-Formation	37
5.1.3. Alter und Korrelation der Sinnersdorf-Formation	37
5.2. Tauchen-Formation	37
5.2.1. Ausbildung und Schichtfolge der Tauchen-Formation	37
5.2.2. Stratigraphische Abgrenzung, Lagerungsverhältnisse und Mächtigkeit der Tauchen-Formation	40
5.2.3. Alter und Korrelation der Tauchen-Formation	41
5.3. Kohlengeologische Bemerkungen zu den Ablagerungen des Tauchener Sedimentationszyklus	42
5.4. Schlußbetrachtungen über den Tauchener Sedimentationszyklus	42
6. Die Ablagerungen des Sarmatien	46
6.1. Ausbildung und Schichtfolge der sarmatischen Ablagerungen	47
6.1.1. Erster Sedimentationszyklus des Sarmatien	48
6.1.2. Zweiter Sedimentationszyklus des Sarmatien	50
6.2. Abgrenzung, Lagerungsverhältnisse und Mächtigkeit der sarmatischen Ablagerungen	52
6.3. Stratigraphische Stellung und Korrelation der sarmatischen Ablagerungen im Hartberger Neogenraum	53
6.4. Kohlengeologische Bemerkungen	53
6.5. Schlußbetrachtungen über die Ablagerungen des Sarmatien	53
7. Die Ablagerungen des Pannonien	54
7.1. Sedimentationszyklus des Unterpannonien	54
7.1.1. Ausbildung und Schichtfolge der unterpannonischen Ablagerungen	54
7.1.2. Stratigraphische Abgrenzung, Lagerungsverhältnisse und Mächtigkeit der unterpannonischen Ablagerungen	58
7.1.3. Stratigraphische Stellung und Korrelation der unterpannonischen Ablagerungen	59
7.1.4. Kohlengeologische Bemerkungen zu den Ablagerungen des Unterpannonien	59
7.2. Sedimentationszyklus des Mittelpannonien	59
7.2.1. Ausbildung und Schichtfolge der mittelpannonischen Ablagerungen	59
7.2.2. Stratigraphische Abgrenzung, Lagerungsverhältnisse und Mächtigkeit der Ablagerungen des Mittelpannonien	65
7.2.3. Altersstellung und Korrelation der mittelpannonischen Ablagerungen	68
7.2.4. Kohlengeologische Bemerkungen zu den mittelpannonischen Ablagerungen	68
7.2.5. Paläogeographische Hinweise	68
7.2.6. Schlußbetrachtungen über die Ablagerungen des Mittelpannonien	69
8. Die Ablagerungen des Pliozän	71
8.1. Hofkirchener Schotter	71
8.2. Pliozäne Terrassenablagerungen	72
8.3. Grobklastischer Komplex der Pöllauer Bucht	74
8.4. Vorauer Serie	75
9. Die Ablagerungen des Quartärs	76
9.1. Der Schuttmantel entlang des kristallinen Grundgebirgsrahmens	76
9.2. Quartäre Terrassenbildungen	76
9.3. Alluvionen	77
Nachtrag	77
Dank	77
Literatur	77

\*) Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. KARL NEBERT, Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Graz, Heinrichstraße 26, A-8010 Graz.

### Zusammenfassung

Die Erkenntnis, daß die Kohle als Faziesglied innerhalb eines Sedimentationszyklus auftritt, diente als Arbeitskonzept bei der kohlengeologischen Erkundung des Neogens entlang des Ostrands der Zentralalpen. Infolgedessen verfolgte die Erkundungsstrategie die gezielte Herausarbeitung von Sedimentationszyklen sowie die Ermittlung geeigneter Bildungsräume und Bildungsbedingungen für Kohle. Im Rahmen einer Detailkartierung wurden zunächst die lithostratigraphischen bzw. chronostratigraphischen Einheiten herausgearbeitet. Die Ermittlung der Sedimentationszyklen und deren lithofazieller Phasen sowie Schwermineralphasen erfolgte mit Hilfe der lithologischen Faziesanalyse bzw. Schwermineralanalyse.

Die folgenden lithostratigraphischen Einheiten bzw. Sedimentationszyklen ließen sich ausscheiden: der Tauchener Sedimentationszyklus, die Sedimentationszyklen des Sarmatien, der Sedimentationszyklus des Unterpannonien, der Sedimentationszyklus des Mittelpannonien, die Ablagerungen des Pliozän und die Ablagerungen des Quartärs.

Von den angeführten Einheiten bzw. Sedimentationszyklen sind der Tauchener Sedimentationszyklus und der Sedimentationszyklus des Mittelpannonien kohlengeologisch interessant.

### Summary

The coal-geological reconnaissance work refers to the Neogene along the eastern border of the Central Alps. The knowledge that coal is a facies member within a sedimentary cycle served as work conception. Consequently, the strategy of exploration pursued the identification of sedimentary cycles, as well as the investigation of favourable environments for coal generation within the Neogene deposits. For this purpose, first the lithostratigraphic and chronostratigraphic units were established within a detail mapping of the area. Then the sedimentary cycles and their lithofacial phases as well as their heavy mineral phases were inferred, utilizing the lithologic facies analysis and the heavy mineral analysis respectively.

The following lithostratigraphic units and sedimentary cycles respectively were established: the Sedimentary Cycle of Tauchen, the Sedimentary Cycles of the Sarmatien, the Sedimentary Cycle of the Lower Pannonien, the Sedimentary Cycle of the Middle Pannonien, the Pliocene deposits and the Quaternary deposits.

Among the above mentioned units and sedimentary cycles respectively only the Sedimentary Cycle of Tauchen and that of the Middle Pannonien are of coal-geological interest.

## 1. Einleitung

Die vom Bundesministerium für Handel, Gewerbe und Industrie sowie vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung über die Geologische Bundesanstalt finanzierten Forschungsvorhaben StA 4f/81 und StA 4f/82 hatten als Zielsetzung die kohlengeologische Erkundung der Neogengebiete entlang des Ostrandes der Zentralalpen.

Drei ausführliche Berichte (K. NEBERT, 1982a, 1983e, 1984a) über die Ergebnisse dieser Erkundung wurden der Direktion der Geologischen Bundesanstalt übergeben. Der vorliegende Bericht versucht, die wichtigsten Ergebnisse aufzuweisen.

Der erkundete Neogenraum umfaßt ein Gesamtareal von rund 450 km<sup>2</sup>. Er ließ sich regionalgeologisch in folgende Teilgebiete gliedern (s. Indexkarte in Abb. 1):

- Neogenbucht von Friedberg-Pinkafeld (Indexrechtecke 1–4)
- Neogengebiet von Hartberg (Indexrechtecke 5–8)
- Neogenbucht von Pöllau (Indexrechtecke 9–10).

Das untersuchte Gebiet liegt auf den Kartenblättern Birkfeld (135), Hartberg (136), Oberwart (137), Weiz (165) und Fürstenfeld (166) der Österreichischen Karte

1 : 50.000 (s. Abb. 1). Politisch gehört das Gebiet überwiegend zur Steiermark, nur ein schmaler, östlicher Längsstreifen zum Burgenland.

Das für die kohlengeologische Erkundung vorgesehene Gesamtareal wurde auf zehn Kartenblättern 1 : 50.000 verteilt. Die einzelnen Kartenblätter entsprechen jenen geologischen Kartenblättern im Maßstab 1 : 10.000, die den oben erwähnten Berichten beigegeben wurden. Die geographische Lage der in vorliegender Arbeit zur Darstellung gelangten geologischen Kartenblätter 1 : 50.000 ist in Form von Indexrechtecken in Abb. 1 eingetragen. Wird im Verlaufe dieses Berichtes speziell auf eines der Kartenblätter 1 : 50.000 hingewiesen, so wird die Nummer des betreffenden Kartenblattes in Klammern gesetzt; z. B. bedeutet (8) Kartenblatt 8.

Zwecks Wahrung der Übersichtlichkeit wurden auf den Kartenblättern nur die Hauptentwässerungsadern berücksichtigt. Auf die Darstellung der Verkehrsadern (Straßen, Autobahn, Eisenbahn) wurde aus dem gleichen Grund verzichtet. Bei Ortschaften mit Kirche wurde diese als Bezugspunkt auf der Karte eingetragen. Ortschaften ohne Kirche haben keinen Bezugspunkt. Zur Auffindung geographischer Namen, die in die Kartenblätter dieses Berichtes nicht aufgenommen wurden, empfiehlt sich die Verwendung einer topographischen Karte 1 : 50.000.

## 2. Regionalgeologischer Rahmen des erkundeten Gebietes

In das kristalline Grundgebirge der S- und SE-Abdachung der Zentralalpen schneiden sich mehrere Buchten des Steirischen Beckens tief ein. Zu ihnen gehören auch die Neogenbucht von Pöllau und jene von Friedberg-Pinkafeld. Beide werden vom Hartberger Neogengebiet getrennt.

Den kristallinen Grundgebirgsrahmen der Pöllauer Neogenbucht liefern zwei, orographisch deutlich sich hervorhebende Massive: im Westen der Rabenwald (1281 m) und im Osten der Masenbergstock (1261 m). Die Grenzen beider Gebirgsmassive gegen die jungtertiäre Bucht von Pöllau verlaufen im großen und ganzen NW–SE. Sie sind von einer jungen Bruchtektonik vorgezeichnet. Die Verbindung beider Gebirgsmassive stellen im Nordwesten die Höhen um Weighof und Präts mit ihren rund 1000 m hohen Bergen her.

Die Pöllauer Neogenbucht wird somit von drei Seiten von kristallinen Gesteinen des Grundgebirges rahmenartig umgeben. Im SE öffnet sich die Bucht mit einer breiten Mündung ins Oststeirische Tertiärbecken.

Den Grundgebirgsrahmen bauen kristalline Gesteine (verschiedene Gneis- und Schieferarten) auf. Mit der Gliederung und tektonischen Stellung dieser Gesteinskomplexe haben sich A. PAHR (1980) und A. TOLLMANN (1977) auseinandergesetzt.

Die breite Mündung der Pöllauer Bucht setzt sich ostwärts in das Neogengebiet von Hartberg fort. Dasselbe umgibt saumartig den kristallinen Gebirgssporn von Hartberg, der sich vom Hauptmassiv des Masenberges loslöst und halbinselartig in die jungtertiären Ablagerungen des Oststeirischen Beckens hineinragt. Auch hier werden die Grenzen zwischen kristallinem Grundgebirge und neogenen Ablagerungen von einer Bruchtektonik vorgezeichnet.

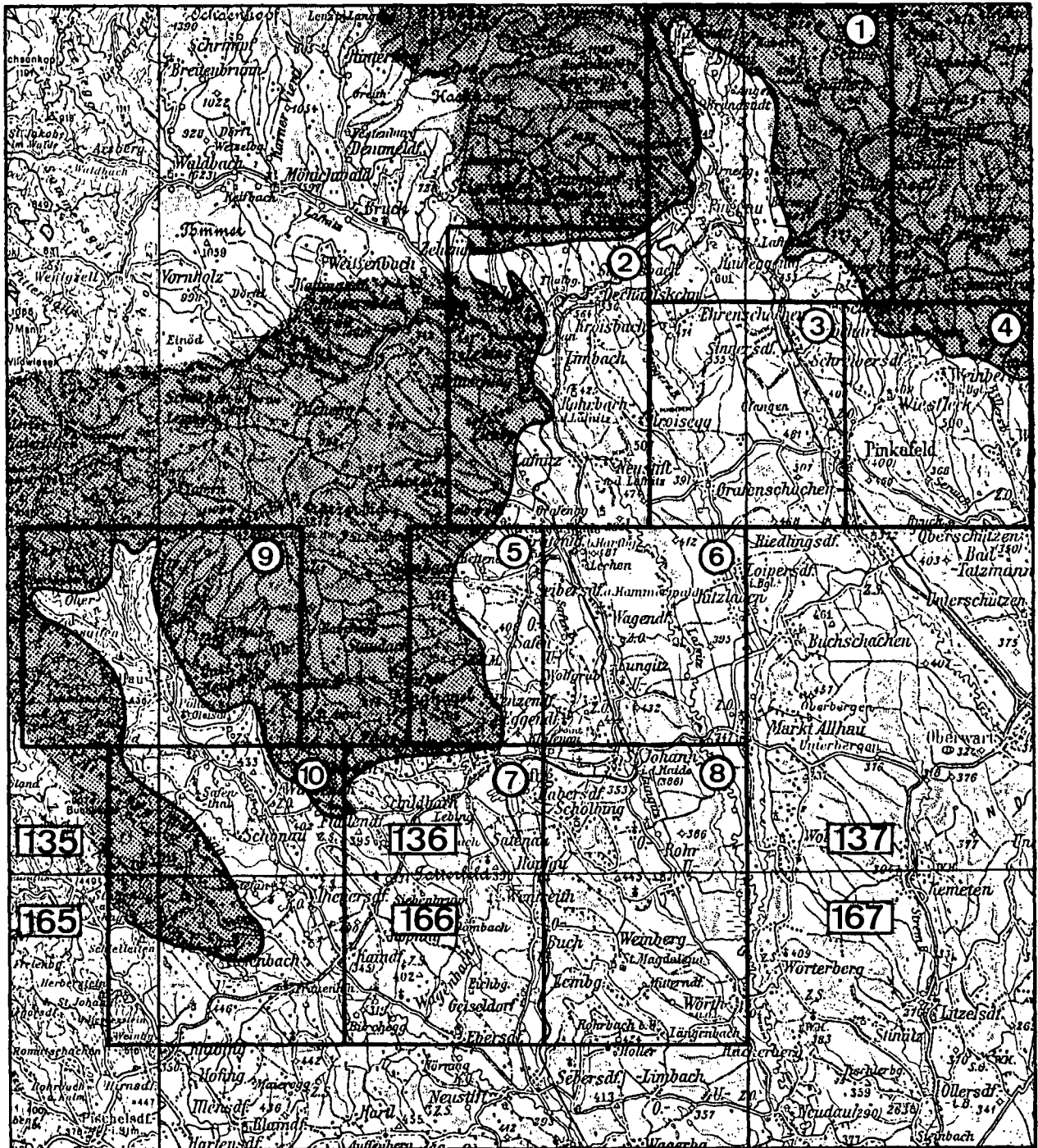


Abb. 1: Geographische Lage des erkundeten Gebietes (1 : 200.000). Dunkel = kristallines Grundgebirge; hell = Neogen und Quartär; Nummern im Rechteck = Kartenblätter der Österreichischen Karte 1 : 50.000; Nummern im Kreis = geologische Kartenblätter 1 : 50.000 der vorliegenden Arbeit.

Der Südrand des Masenberges und mit ihm der Hartberger Gebirgssporn wird vorwiegend von Glimmerschiefern und Flasersgneisen aufgebaut. Mit deren Zugehörigkeit und tektonischer Stellung hat sich in jüngster Zeit A. PAHR (1980) befaßt.

An das Neogengebiet von Hartberg schließt sich nordwärts die Neogenbucht von Friedberg-Pinkafeld an. Dieselbe liegt zwischen dem Kristallin des Masenbergstockes (Wechsel) und jenem der Südwestabdachung der Buckligen Welt (speziell des Bernsteingebirgsstockes). Zwar ist sie eine randliche Einbuch-

tung des Steirischen Tertiärbeckens, doch steht sie über die Tauchener Neogenbucht auch mit dem Pannonicen Becken in Verbindung.

Die Grenzziehung „Kristallin – Jungtertiär“ war früher ein beliebtes Diskussionsthema kartierender Geologen. Tatsache ist, daß sich eine einwandfreie Grenze zwischen Tertiärablagerungen und Kristallin zumeist nicht ziehen läßt. Die betreffende Grenzziehung führte ich mit Hilfe von nichtgerundeten, d. h. kantigen Lesesteinen aus. Wo diese Lesesteine auftraten, dort nahm ich als Untergrund „kristallines Gestein“ an.

### 3. Das Konzept der kohlengeologischen Erkundung

Die Erkenntnis, daß die Kohle als Faziesglied innerhalb eines Sedimentationszyklus auftritt (K. NEBERT, 1983a und 1983b), diente in den letzten Jahren als Arbeitskonzept für die Erkundungsstrategie kohlehaltiger Neogenräume. Ein Sedimentationszyklus besteht aus Phasen, die mit Hilfe einer lithologischen Faziesanalyse ermittelt werden. Für die Typisierung der einzelnen Phasen eignet sich bis zu einem gewissen Grad auch die Schwermineralanalyse. Auf beide Analysen soll im folgenden näher eingegangen werden.

#### 3.1. Die lithologische Faziesanalyse

Das Auftreten der Kohle als ein integrierendes Faziesglied innerhalb eines Sedimentationszyklus habe ich mit etlichen Arbeiten zu belegen versucht (zuletzt NEBERT, 1983a und 1983b). Mit J. M. WELLER (1930, 1958 und 1964) könnte man auch von einem Zyklolithema oder mit R. A. SONDER (1956) von einem Kohlenzyklus sprechen. Die zyklische Gliederung äußert sich darin, daß die Korngröße der Sedimente in zeitlicher Richtung stetig abnimmt. Die lithologische Analyse ergab eine bestimmte Faziesfolge. Jeder Zyklus beginnt mit grobklastischen Sedimenten, die während einer fluviatilen Phase zur Ablagerung gelangen, und endet mit feinklastischen Sedimenten (Mergel, Ton) oder mit Präzipitationssedimenten (Kalk), die einer limnischen Phase entsprechen. Den Übergang zwischen beiden Phasen stellt die fluviatil-limnische Phase her. Ihre Sedimente (Feinsand, Tegel, Ton) sind mittel- bis feinstkörnig ausgebildet.

Im Phasenwechsel eines Sedimentationszyklus bilden sich in erster Linie das Relief (Orographie) des Alimentationsgebietes (Liefergebietes) sowie die Senkungsgeschwindigkeit des Beckenbodens ab. Von diesen Faktoren hängen Transportkraft (-energie) und Sedimentationsgeschwindigkeit ab. Die Entstehung der Kohle ist ein Teilprozeß innerhalb eines Sedimentationszyklus und erfolgt während einer telmatischen Phase, allerdings nur, wenn während der fluviatil-limnischen Phase ein geeigneter Bildungsraum und günstige Bildungsbedingungen vorhanden sind.

Der Phasenwechsel „fluviatil“ nach „limnisch“ vollzieht sich indessen nur dann, wenn die Sedimentation eines Zyklus in einem geschlossenen Süßwasserbecken ihren Abschluß findet. Demgegenüber treten in der Neogenbucht von Friedberg-Pinkafeld und im Neogengebiet von Hartberg Beispiele von Sedimentationszyklen auf, die einen andersartigen Ablauf aufweisen. Nach einer anfänglich typisch fluviatilen Phase endet der Tauchener Zyklus in der Friedberg-Pinkafelder Neogenbucht infolge einer Meeresingression beispielsweise mit einer brackischen bzw. mit einer marinen Phase. Bei Vorhandensein eines geeigneten Bildungsraumes und günstigen Bildungsbedingungen kann eine telmatische Phase auftreten, wie dies das Tauchener Kohlenflöz demonstriert (NEBERT, 1982a).

Als Prospektionsstrategie für die kohlengeologische Erkundung eines Neogenraumes würde sich somit die gezielte Herausarbeitung von Sedimentationszyklen sowie die Auffindung geeigneter Bildungsräume für Kohle anbieten. Lithologische Faziesanalysen im Rah-

men einer Detailkartierung müßten hierbei die Grundlage bilden.

Für die Typisierung von lithostratigraphischen Einheiten (Formationen) und Untereinheiten (Formationsglieder) ist es in der Regel schwierig, in unseren Neogenräumen geschlossene und kontinuierliche Typusprofile zu finden. Die wenigen natürlichen und künstlichen Aufschlüsse haben zumeist eine geringe stratigraphische Spannweite und sind im besten Fall als Referenzaufschlüsse (Hypolithostratotypen) zu verwenden. Für die Aufstellung eines kontinuierlichen Profils müssen stets mehrere Aufschlüsse herangezogen werden. In vorliegender Arbeit dienen die Referenzaufschlüsse auch der Typisierung von Sedimentationszyklen und deren Phasen.

Die feldgeologische Nomenklatur der klastischen Gesteine beruhte auf einer visuellen Schätzung ihrer Korngröße. Dabei wurden folgende Bezeichnungen nach abnehmender Korngröße verwendet: Blockschutt, Grobschotter, mittlerer Schotter, Kleinschotter, Grobsand, mittelkörniger Sand, Feinsand (Mehlsand), Tegel und Ton. Blockschutt, Grobschotter und Schotter entsprechen etwa der Bezeichnung „Steine“ nach DIN 4022 bzw. „cobble“ nach der Wentworth-Skala. Der mittelkörnige Schotter wäre ein „Grobkies“ bzw. ein „very coarse gravel“. Der Kleinschotter wäre einem „mittelbis feinkörnigen Kies“ bzw. einem „pebble“ gleichzustellen. Die Benennung der Sande erfolgte nach DIN 4022. Die Bezeichnung „Tegel“ entspricht einem feinsandigen Ton. Bei Schotter wird die Größe der Klaster stets mit bekannten Größen verglichen: erbsengroß, haselnußgroß, walnußgroß, taubeneigroß, hühnereigroß, faustgroß etc.

#### 3.2. Die Schwermineralanalyse

Im Rahmen der kohlengeologischen Prospektionsarbeiten in Österreich wurden auch Schwermineralanalysen an Sedimentproben ausgeführt. Nicht nur, daß sich verschiedene Formationen mit Hilfe von charakteristischen Schwermineralassoziationen typisieren lassen (K. NEBERT, E. GEUTEBRÜCK & H. TRAUSSNIGG, 1980), sondern in der Zusammensetzung der Schwermineralspektren von Sedimenten bilden sich auch die Phasen eines Sedimentationszyklus ab. Mit anderen Worten: Im Phasenwechsel eines Sedimentationszyklus wandelt sich nicht nur der lithologische Charakter der abgelagerten Sedimente, sondern auch der Gehalt an Schwermineralien (NEBERT, 1983a und 1983b).

Die Ergebnisse der Schwermineralanalyse einer Sedimentprobe gelangen in Form eines Histogramms (Häufigkeitsdiagramms) zur Darstellung. Im Histogramm sind die Schwermineralien nach ihrer physikalischen und chemischen Resistenz gereiht. Auf diese Art ergibt sich eine Stabilitätsreihe, die der einschlägigen Literatur (W.-D. GRIMM, 1957, 1973; R. WEYL, 1949, 1950 und 1952; H. WIESENEDER, 1953; H. WIESENEDER & I. MAURER, 1959; H. K. ZÖBELEIN, 1940) entnommen wurde. Im linken Teil des Histogramms erscheinen die chemisch und physikalisch instabilen, demnach leicht verwitterbaren und transportanfälligen Schwermineralien (GERE), gereiht nach ihrem Stabilitätsgrad: Apatit (AP), Hornblende (HB) und Granat (GR). Der rechte Teil des Histogramms enthält Mineralien mit einer hohen bis extrem hohen chemischen Resistenz (EXRE), nämlich die verwitterungsstabilen Mi-

neralien: Turmalin (TU), Zirkon (ZI) und Rutil (RU). Dazwischen liegen die Mineralien mit einer intermediären physikalisch-chemischen Resistenz (MIRE): Epidot+Klinozoisit (EP), Chloritoid (CD), Staurolith (ST), Disthen (DI) und Titanit (TI).

Da auch das Verhältnis „opake Mineralien : durchsichtige Mineralien“ zur Typisierung einer Schwermineralassoziaton herangezogen werden kann, wird es in Form eines Balkens unter dem Histogramm angegeben. Schwarz kennzeichnet den opaken, weiß den durchsichtigen Anteil.

Wie noch gezeigt werden soll, wird der Charakter und die Zusammensetzung einer Schwermineralassoziaton durch selektive Verwitterung bereits im Alimentsationsgebiet (Liefergebiet) geprägt. Während des Transports kommt es zusätzlich zu einer selektiven Auslese, wobei Mineralien mit einer geringen mechanischen Resistenz aus dem Schwermineralspektrum allmählich verschwinden. Unter gewissen Bedingungen kann es im Ablagerungsraum selbst, unter dem Einfluß einer selektiv-chemischen Einwirkung, zu sekundären Änderungen im Schwermineralgehalt eines bereits abgelagerten Sediments kommen.

So gesehen, kommt den einzelnen Schwermineralien eine gewisse Aussagekraft zu. Ein Beispiel aus dem Neogengebiet von Hartberg wird uns die Zusammenhänge illustrieren.

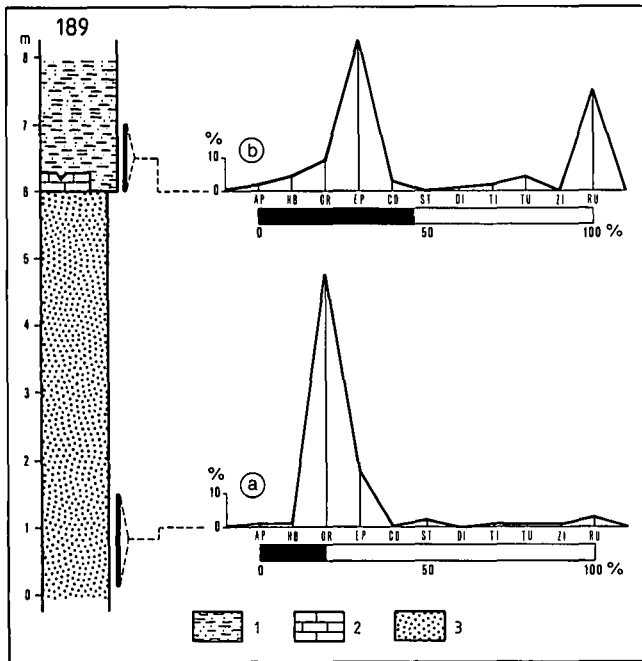


Abb. 2: Aufschluß 189 (7). 1 = quartäre Terrassenablagerung; 2 = Sarmat, Kalkstein (Erosionsrest) der Marin-brackischen Schichtfolge; 3 = Sarmat, diagonalgeschichteter Grobsand und Kleinschotter der Unteren fluviatilen Sande (vgl. auch Abb. 3).

Abb. 2 zeigt die Schwermineralhistogramme zweier Sedimentproben, die dem Aufschluß 189 (7) entnommen wurden (vgl. auch Abb. 3). In ihm ist ein diagonalgeschichteter Grobsand freigelegt. Der Grobsand wird von einer quartären Terrassenablagerung überdeckt. Histogramm b gibt die Schwermineralzusammensetzung der quartären Terrassenablagerung wieder: Neben einem markanten EP-Hauptmaximum (EP 44,8 %) erscheint ein Nebenmaximum, das aus den extrem resi-



Abb. 3: Foto zu Profil in Abb. 2. Quartäre Terrassenablagerungen überdecken die Unteren fluviatilen Sande des Sarmatien.

stentesten Mineralien TU und RU (gemeinsam 34,4 %) aufgebaut ist. Die Mineralien mit einer geringen chemischen Resistenz sind schwach vertreten (AP 1,8 %, HB 4,1 %, GR 9,5 %). Gegenüber Histogramm a fällt der hohe Anteil (46,1 %) von opaken Mineralien auf. Histogramm b läßt folgende Deutung zu: Das betreffende quartäre Terrassensediment besteht aus einem angeschwemmten und vermutlich umgelagerten Material, das vor der Ablagerung längere Zeit einem intensiven Verwitterungsprozeß ausgesetzt war. Noch im Liefergebiet verursachte eine selektive Verwitterung die sekundäre (relative) Anreicherung des resistenteren EP und der extrem resistenten Mineralien (TU und RU). Wir können das Liefermaterial infolgedessen als „nicht frisch“ ansprechen. Der erhöhte Anteil an opaken Mineralien würde diese Deutung bekräftigen, denn er entstand, desgleichen sekundär, durch eine tiefgreifende Zersetzung des GR (NEBERT, 1983b), was statistisch auch durch vorliegende Arbeit bewiesen werden kann.

Demgegenüber wäre das Sedimentmaterial der Probe a (Abb. 2) als „frisch“ zu bezeichnen, denn der verwitterungsanfällige GR ist in großer Menge vorhanden. Er bildet im Histogramm ein Maximum mit einem Spitzenwert von 75,2 % und demonstriert damit, daß das betreffende Liefermaterial keiner nennenswerten Verwitterung ausgesetzt war. Ferner sind die verwitterungsstabilen Mineralien (EP, TU, ZI und RU) nicht angereichert, und der opake Anteil ist im Histogramm betont niedrig (19,2 %), was desgleichen für ein unverwittertes Liefermaterial spricht.

Mit ihrer besonders guten Spaltbarkeit besitzt HB eine äußerst geringe chemische und mechanische Resistenz. Sie ist sowohl verwitterungs- als auch transportanfällig. In Sedimenten mit langem Transportweg fehlt infolgedessen HB oder sie ist nur unwesentlich vertreten (C. BURRI, 1929).

Aus dem HB-Gehalt kann man somit empirisch auf die Länge des zurückgelegten Transportweges des betreffenden Sediments schließen. Bezieht man den HB-Anteil einer Sedimentprobe auf ihren Gesamtgehalt an durchsichtigen Körnern (DURCHS.), so erhält man Verhältniszahlen, nach denen man die Länge des Transportweges annähernd schätzen kann. Ist  $HB/DURCHS. < 0,05$ , so handelt es sich um einen langen bis sehr langen Transportweg, den das betreffende Liefermaterial mitgemacht hat. Ein  $HB/DURCHS.$ -Verhältnis zwischen 0,05 und 0,10 spricht für einen mittellangen Transportweg, und ein Verhältnis  $HB/DURCHS. > 0,10$  kennzeichnet einen kurzen bis sehr kurzen Transportweg.

Parallel zum lithologisch-faziellen Phasenwechsel verläuft auch ein Wandel in der Zusammensetzung der Schwermineralassoziaton innerhalb der Sedimente eines Sedimentationszyklus (NEBERT, 1983a und 1983b).

Die fluviatile Phase ist durch einen dominierenden GR-Gehalt charakterisiert. Oft besteht die Schwermineralassoziaton bis über 85 % aus GR-Körnern und nähert sich einer monomineralen Zusammensetzung, wodurch eine Granat-Phase definiert wird. Die fluviatile Phase wird von einer limnischen oder brakischen oder aber von einer marinen Phase abgelöst. In ihnen erreicht EP Spitzenwerte von über 75 % und bestimmt eine Epidot-Phase. Außerdem kann der Anteil der chemisch extrem resistenten Schwermineralien (TU, ZI und RU) ein kleines Nebenmaximum bilden, und die opaken Körner nehmen merklich zu. Der Übergang zwischen GR-Phase und EP-Phase erfolgt während der Granat-Epidot-Phase. Im Histogramm dieser Phase bauen GR und EP gemeinsam ein Maximum auf (vgl. Abb. 40).

Die Grenzen zwischen den angeführten Schwermineralphasen wurden empirisch mit Hilfe des GR/EP-Verhältnisses wie folgt festgelegt (NEBERT, 1983b):

GR/EP-Verhältnis:  $< 0,25$ : EP-Phase  
 $0,25 - 3,78$ : GR-EP-Phase  
 $> 3,78$ : GR-Phase

Innerhalb eines Sedimentationszyklus besteht eine funktionelle Beziehung zwischen den einzelnen Schwermineralien bzw. Schwermineralgruppen (NEBERT, 1983). Eine entsprechende statistische Analyse soll an dem relativ reichen Probenmaterial (94 Sedimentproben) des Mittelpannonien vorgenommen werden. Im untersuchten Gebiet ist der Sedimentationszyklus des Mittelpannonien (= Ilzer Sedimentationszyklus) durch alle drei Phasen vertreten. Er beginnt mit einem Basalschotter (Kapfensteiner Schotter) und dessen Sandfazies (fluviatile Phase = GR-Phase) und endet mit Feinsanden bzw. Mehlsanden (limnische Phase = EP-Phase). Den Übergang zwischen beiden Phasen übernehmen die Sedimentproben der fluviatil-limnischen Phase (= GR-EP-Phase, Abb. 40).

Bemerkenswert ist zunächst die lineare Abhängigkeit zwischen der GR-Abnahme und der EP-Zunahme. Sie wird durch die Grafik der Abb. 4 veranschaulicht. In ihr sind die Sedimentproben mit wenig

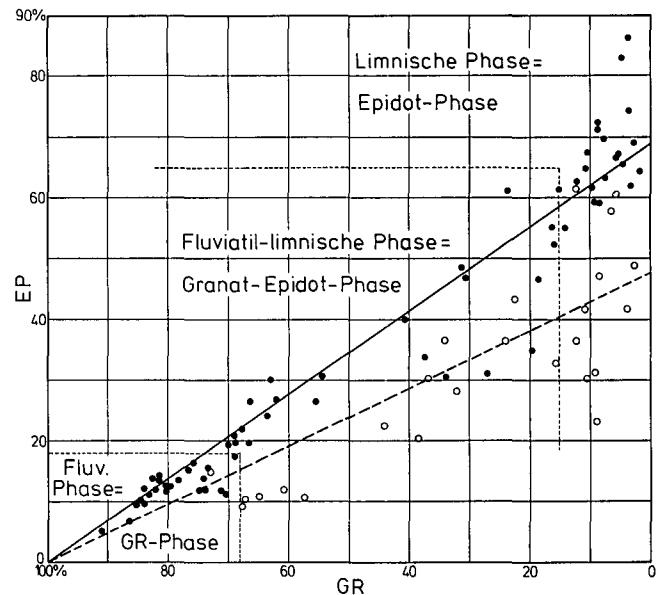


Abb. 4: Lineare Abhängigkeit zwischen GR-Abnahme und EP-Zunahme in Sedimentproben des mittelpannonischen Sedimentationszyklus. ● = Proben mit wenig (<10 %) HB; ○ = Proben mit viel (>10 %) HB. Erläuterung im Text.

(<10 %) HB mit vollen Ringlein, jene mit viel (>10 %) HB mit leeren Ringlein markiert. Die ausgezogene Funktionslinie verbindet die Proben mit wenig HB, die gestrichelte Linie jene mit viel HB. Zwar tritt in beiden Probengruppen eine gewisse Streuung auf, bei den Proben mit viel HB ist sie größer als bei jenen mit wenig HB, doch ist die lineare Abhängigkeit zwischen GR-Abnahme und EP-Zunahme unverkennbar. Der größere HB-Gehalt bewirkt bloß eine Verschiebung der Lage der betreffenden Proben im Diagramm.

Daß die Anreicherung des EP lediglich eine relative ist, d. h. EP reicherte sich an, weil GR nicht mehr in entsprechender Menge in den Ablagerungsraum gelangte, das zeigen die folgenden zwei Grafiken der Abb. 5. In der oberen Grafik bezieht sich der GR-Gehalt der Proben (Ordinate) auf den opaken Anteil (OPAK, Abszisse). Proben mit viel HB (>10 %) sind abermals mit leeren Ringlein, solche mit wenig HB (<10 %) mit vollen Ringlein markiert. Die HB-reichen Proben erfahren im Diagramm eine Lageverschiebung gegenüber den HB-armen Proben. Beide Funktionslinien sprechen jedoch eindeutig für eine OPAK-Zunahme bei gleichzeitiger GR-Abnahme. Die Zunahme des OPAK-Anteils ist zum Großteil auf die Zerstörung des GR zurückzuführen (NEBERT, 1983b). Die GR-Zersetzung liefert als Endprodukt sekundäre opake Fe-Mineralien. Daß die Zerstörung des GR auf eine Verwitterung zurückzuführen ist, zeigt uns die untere Grafik. Mit zunehmendem Gehalt der opaken Mineralien nimmt jener der chemisch extrem resistenten d. h. verwitterungsfesten Mineralien (= EXRE) TU, ZI und RU linear zu. Daraus ergibt sich die Folgerung: Die verwitterungsbedingte, chemische Zersetzung des GR führte einerseits zu einer direkten Erhöhung des opaken Mineralanteils, andererseits bewirkte sie eine relative Anreicherung des EP sowie der extrem resistenten Mineralien (TU, ZI und RU).

Die angeführten Grafiken der Abb. 4 und 5 stützen somit die Feststellung, daß die Schwermineralassoziaton einer Sedimentprobe den Verwitterungsgrad des Liefermaterials widerspiegelt.

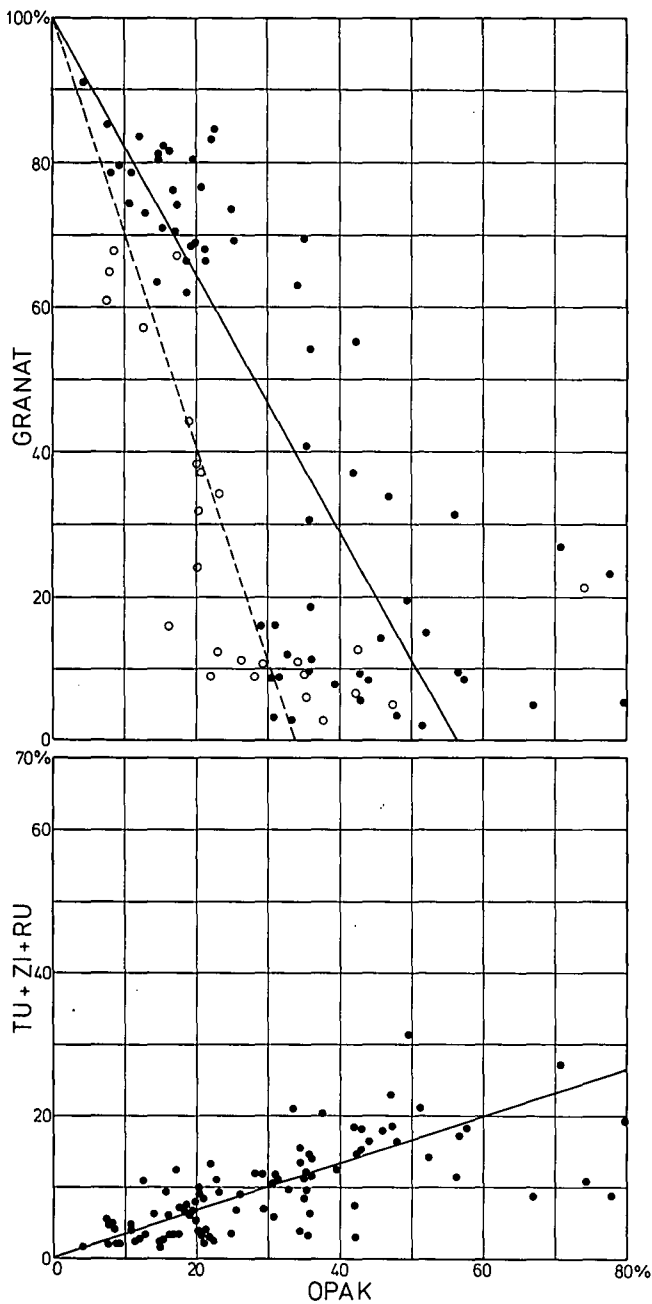


Abb. 5: Funktionelle Beziehung zwischen GR-Gehalt (obere Grafik) sowie dem Gehalt an extrem resistenten Mineralien (EXRE = TU + ZI + RU) (untere Grafik) zum opaken Anteil (OPAK). Erläuterung im Text.

Graphisch läßt sich der Prozeß der selektiven Verwitterung auch mit Hilfe eines Dreikomponentendiagramms darstellen (Abb. 6). Auf die GERE-Spitze des Dreiecks werden die Analysenwerte der geringresistenten, verwitterungsanfälligen Mineralien (AP+HB+GR) bezogen, auf die MIRE-Spitze jene mit einer intermediären, d. h. mittleren Resistenz (EP+CD+ST+DI+TI),

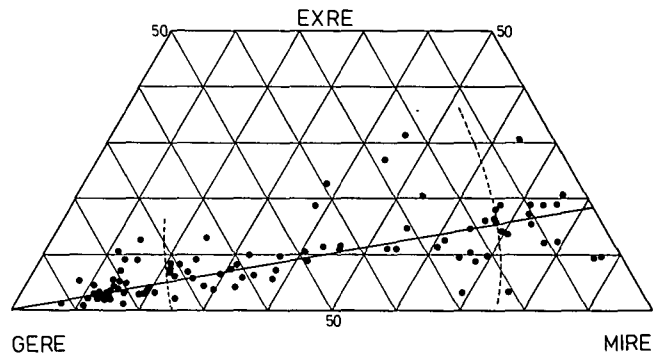


Abb. 6: Lage der Schwermineralanalysenwerte von 94 Sedimentproben des mittelpannonischen Sedimentationszyklus im Dreikomponenten-Diagramm. GERE = Mineralien mit geringer Resistenz (AP + HB + GR); MIRE = Mineralien mit intermediärer (mittlerer) Resistenz (EP + CD + ST + DI + TI); EXRE = Mineralien mit extrem hoher Resistenz (TU + ZI + RU). Erläuterung im Text.

und auf die EXRE-Spitze jene der extrem resistenten, verwitterungsfesten Mineralien (TU+ZI+RU). Abgesehen von einigen gestreuten Werten, befindet sich das Gros der Werte entlang einer Geraden, die als „Verwitterungslinie“ zu bezeichnen wäre, denn sie illustriert graphisch den Verlauf des Verwitterungsprozesses im Alimentationsgebiet. Das Dreikomponentendiagramm würde somit ein „Verwitterungsdiagramm“ darstellen. Die beiden gebogenen Linien grenzen die drei Schwermineralphasen eines Sedimentationszyklus ab: Die GR-Phase nimmt den linken Abschnitt des Diagramms, bzw. den Beginn der Verwitterungslinie ein, die GR-EP-Phase ihren Mittelabschnitt, und die EP-Phase den rechten Diagrammabschnitt bzw. das Ende der Verwitterungslinie.

Ein Beispiel möge zeigen, daß der Schwermineralgehalt eines Sediments hinsichtlich seiner Zusammensetzung keinen nennenswerten Schwankungen in horizontaler Richtung unterliegt, daß infolgedessen das betreffende Sediment mit Hilfe seines Schwermineralgehaltes typisiert werden kann. Hierfür wurden die hellgrauen Grobsande und Kleinschotter des Badenien in der ca. 250 m breiten Sandgrube 46 (4) bei Willersdorf (4, südöstliche Ecke) an drei, 100 m bzw. 120 m voneinander liegenden Stellen (Sedimentproben 45a, 46a und 47a, Tabelle 3) beprobt. Alle drei Beprobungsstellen lieferten ähnliche Schwermineralassoziationen (Tabelle 1) mit einem dominierenden EP-Maximum. Daraus läßt sich folgern, daß die Zusammensetzung der Schwermineralassoziation der Sande und Kleinschotter in horizontaler Richtung annähernd gleich bleibt.

Das angeführte Beispiel stützt die Annahme, daß in einem bestimmten stratigraphischen Niveau die Zusammensetzung des Schwermineralgehaltes eines Sediments annähernd konstant bleibt. Ergänzend müßte man hinzufügen, daß diese Aussage nur unter der Voraussetzung gleichbleibender Sedimentationsbedingungen im Ablagerungsraum und gleichbleibender orographisch-klimatischer Bedingungen im Liefergebiet gilt.

Tabelle 1: Prozentuelle Zusammensetzung des Schwermineralgehaltes von 3 Proben des Aufschlusses 46 (4).

PROBE-NR.	OPAK	DURCHS.	AP	HB	GR	EP	CD	ST	DI	TI	TU	ZI	RU
45 a	44,9	55,1	0,9	1,3	3,1	80,3	5,7	-	-	0,9	4,4	-	3,5
46 a	76,9	23,1	0,9	-	2,6	74,5	8,2	-	-	0,9	8,7	1,3	3,0
47 a	87,4	12,6	-	-	6,2	69,3	6,2	0,4	-	1,3	9,3	2,7	4,4



Aus dem untersuchten Gebiet wurden rund 270 Sedimentproben auf ihren Schwermineralgehalt untersucht. Es handelt sich hierbei durchwegs um Schlitzproben, die Tagesaufschlüssen entnommen und auf 1–2 kg herabgeviertelt wurden. Die Beprobungsspanne betrug in der Regel mindestens 1 m. Sie ist in den Profilen entsprechend eingezeichnet. Bei besonders hohen Aufschlüssen war es infolge der Steilheit der Aufschlußwand nicht immer möglich, das gesamte vom Aufschluß freigelegte Profil zu beproben.

Die einzelnen Proben wurden auf nassem Weg geschlämmt. Aus der Kornfraktion 0,045–0,250 mm wurden die Schwerminerale im Scheidetrichter mit Hilfe von 1,1,2,2-Tetrabromäthan ( $D = 2,96$ ) abgetrennt. Mit den isolierten Schwermineralen wurde ein Streupräparat angefertigt. Die Einbettung erfolgte in Bromnaphthalin.

Sowohl durchsichtige als auch opake Körner gelangten zur Auszählung. Bei den durchsichtigen Schwermineralen wurden im Durchschnitt 200 Körner bestimmt und gezählt. Opake Körner wurden nur quantitativ erfaßt. Die Urlisten der ausgezählten Schwerminerale sind tabellarisch angelegt.

### 3.3. Schlußbemerkungen

Im Ablauf eines Sedimentationszyklus läßt sich somit eine Gesetzmäßigkeit erkennen. Sie äußert sich in einem Phasenwechsel, der durch die Korngröße und durch die Zusammensetzung des Schwermineralgehaltes der abgelagerten Sedimente bestimmt wird. Hat sich in der Korngröße die orographische Beschaffenheit (Relief) des Alimentationsgebietes sowie bis zu einem gewissen Grad die Länge des Transportweges abgebildet, so spiegelt die Schwermineralassoziation den Verwitterungsgrad des Liefermaterials wider.

Diese Erkenntnisse bildeten die Grundlage für die kohlgeologische Erkundung des Neogengebietes entlang des Ostrandes der Zentralalpen. Ihre gezielte Einsetzung erfolgte im Rahmen einer Detailkartierung. Das Schwergewicht wurde auf die Herausarbeitung von Sedimentationszyklen gelegt. Dabei wurde zur Typisierung der einzelnen Phasen eines Sedimentationszyklus neben der lithologischen Faziesanalyse auch die Schwermineralanalyse herangezogen. Für jeden nachgewiesenen Sedimentationszyklus wurde schließlich geprüft, ob innerhalb seines Ablaufs eine telmatische Phase erscheint, d. h. ob in seinem Ablagerungsbereich günstige Bedingungen sowie ein geeigneter Raum für die Bildung von Kohle vorhanden waren.

## 4. Gliederung der Neogenablagerungen entlang des Ostrandes der Zentralalpen

Eine Anzahl kleiner Einbruchsbecken begleitet den Ostrand der Zentralalpen. Deren neogene Schichtfolge führt an vielen Stellen (z. B. Schreibersdorf, Tauchen, Bubendorf, Ritzing, Siegraben, Brennbrennberg) Lignitindikationen. In ihrer Gesamtheit bilden die Einbruchsbecken eine grabenartige Randvertiefung bzw. Randsenke, die den Ostrand der Zentralalpen umsäumt.

Im Laufe der Neogenzeit wiederholte sich der Einbruch der Becken mehrere Male und beeinflusste die

Sedimentation in den Becken dahingehend, daß es zu zyklischen Sedimentationen kam. Während einiger dieser Sedimentationszyklen herrschten günstige Bedingungen für die Bildung und Konservierung von Kohle.

Für die erwähnte Randsenke am Ostrand der Zentralalpen ließ sich für die Ablagerungen des tieferen Neogens ein Sedimentationsmodell mit drei kompletten Zyklen aufstellen (NEBERT, 1980). Jeder dieser Zyklen enthält auch eine telmatische Phase (Abb. 7).

Der Brennbrennberger Zyklus ist der älteste. Er ist an einen Einbruch gebunden, der vermutlich im Ottnangien stattfand. Absinkende Teile des kristallinen Grundgebirgsrahmens gerieten unter Wasser. Die Entstehung von Sumpfmoores mit einer durch ein feucht-warmes Klima begünstigten üppigen Vegetation war die Folge dieses langsamen und kontinuierlichen Absinkens. Alle Voraussetzungen für die Bildung eines Grundflözes waren damit gegeben. Später wurde die organische Substanz von limnischen Sedimenten (Brennbrennberger Süßwasserschichten) überdeckt. Die Bedingungen für die Entstehung und Konservierung des Brennbrennberger Grundflözes waren somit erfüllt.

Die Kohleneinschaltungen der beiden später folgenden Sedimentationszyklen stellen eingelagerte Flöze dar. Als solche sind sie integrierende Faziesglieder eines Sedimentationszyklus und verdanken ihre Entstehung einer telmatischen Phase.

Aus der Aufeinanderfolge: Auwaldschotter (terrestrisch-fluviatile bzw. fluviatile Phase) – Auwalder Flöz (telmatische Phase) – Hochriegelschichten (limnische Phase) ergibt sich für das Neogengebiet von Brennbrennberg (Abb. 7) ein zweiter Sedimentationszyklus, der die Bezeichnung Auwalder Sedimentationszyklus (nach dem Auwalder Flöz) erhielt (NEBERT, 1980), und der ins Karpatien gestellt wurde.

Ein dritter Zyklus ist im Tauchener Sedimentationszyklus verwirklicht. Seine Phasen sind sowohl im Brennbrennberg-Ritzinger Neogengebiet als auch in der Tauchener und Friedberg-Pinkafelder Bucht durch Sedimente vertreten. Während der fluviatilen Phase wurde im Brennbrennberg-Ritzinger Raum der Brennbrennberger Blockschotter, in den Neogenbuchten von Friedberg-Pinkafeld und Tauchen der Blockschutt der Sinnersdorf-Formation (Karpatien) abgelagert. In beiden Gebieten entstand während einer telmatischen Phase ein Kohlenflöz: das Ritzinger Flöz (im Neogengebiet von Brennbrennberg-Ritzing) und das Tauchener Flöz (im Neogengebiet von Friedberg-Tauchen). Infolge einer Meeresingression folgt im Badenien auf eine kurze fluviatil-limnische Phase eine marine Phase, während der die Ritzinger Sande bzw. die Sedimente der Tauchen-Formation abgelagert wurden.

Die Sedimente des Brennbrennberger und des Auwalder Zyklus treten in den Neogenbuchten von Friedberg und Tauchen nirgends zu Tage. Die Möglichkeit ihres Vorhandenseins in der Tiefe ist jedoch gegeben, denn an einigen Stellen enthielt der Sinnersdorfer Blockschutt neben den üblichen Kristallin-Komponenten auch einzelne doppeltfaustgroße Klaster einer ausgezeichneten Glanzkohle, die wohl von einem älteren Flöz stammen müssen (GEUTEBRÜCK, 1978; NEBERT, GEUTEBRÜCK & TRAUSSNIGG, 1980).

Das aufgestellte Modell mit drei Sedimentationszyklen wurde in die Strategie der kohlgeologischen Erkundung des Neogens entlang der Ostabdachung der Zentralalpen miteinbezogen. Es galt vor allem den Tauchener Sedimentationszyklus herauszuar-



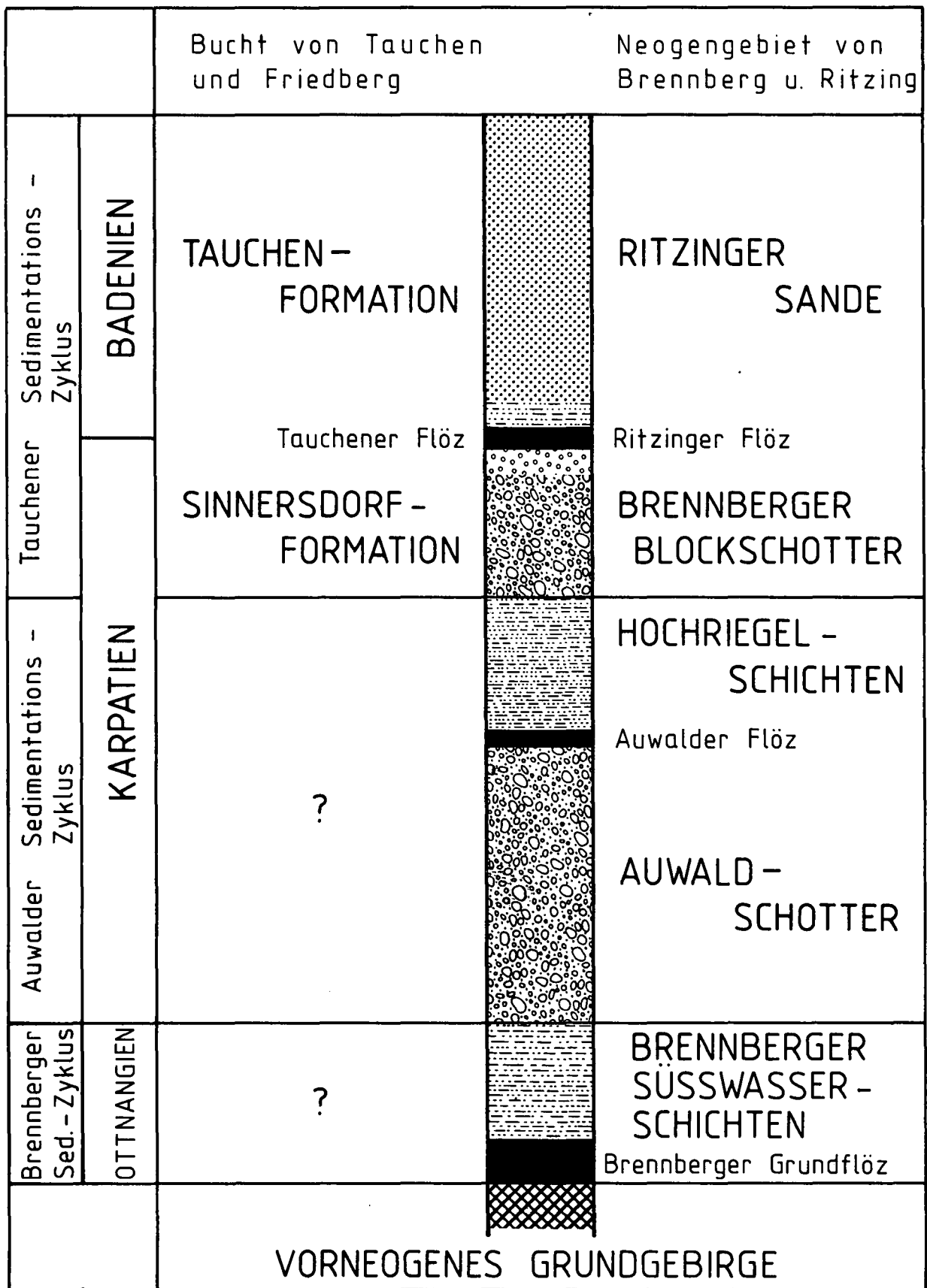


Abb. 7: Modell der drei Sedimentationszyklen in der Randsenke am Ostrand der Zentralalpen. 1 = Kohle; 2 = Ton, sandiger Ton oder Tegel; 3 = Sand; 4 = Schotter; 5 = Grob- bzw. Blockschotter; 6 = vorneogenes Grundgebirge. Ohne Maßstab.

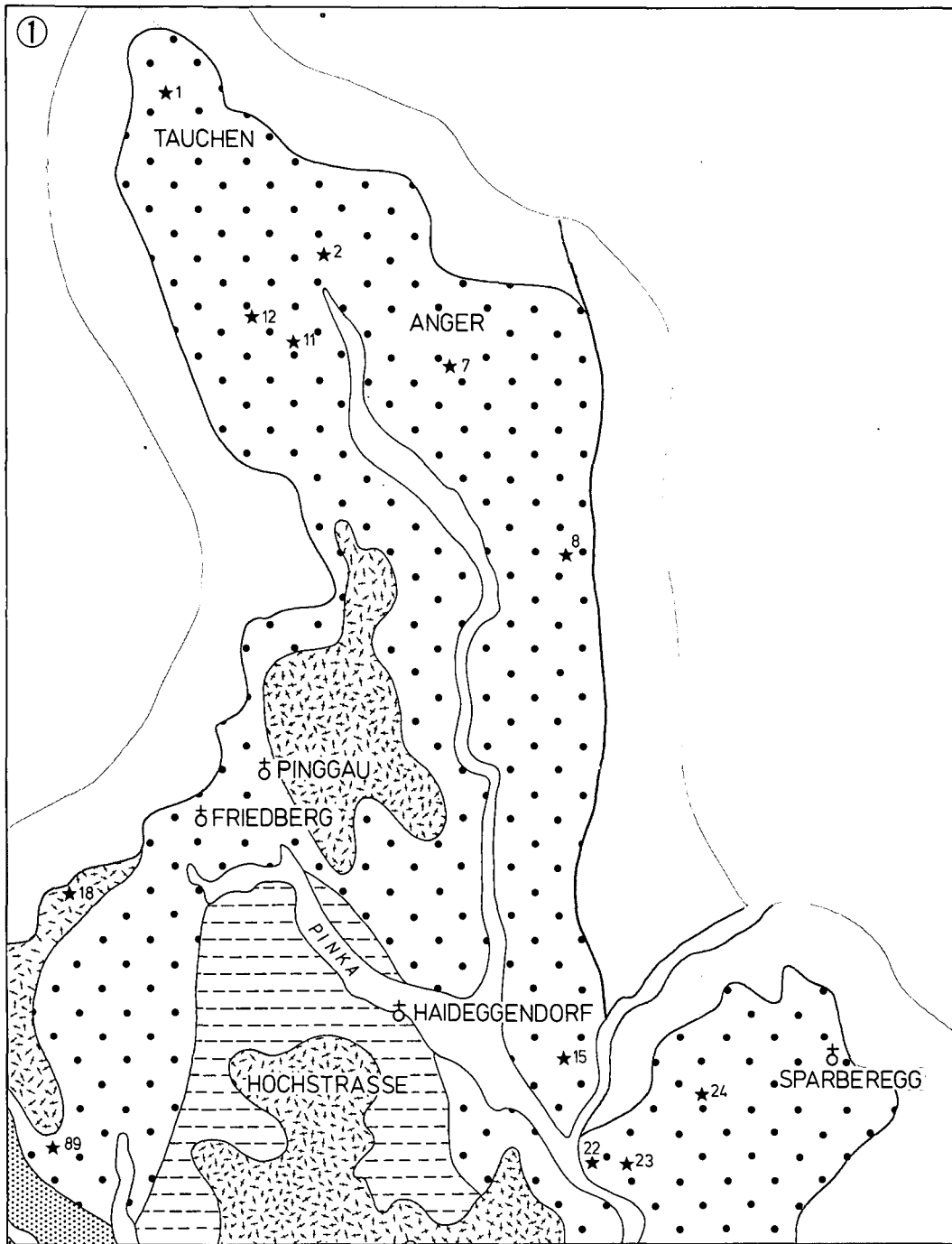


Abb. 8: Kartenblatt 1, Maßstab 1 : 50.000. Legende siehe Abb. 29 (Kartenblatt 10).

beiten. Für den Nachweis der beiden anderen Zyklen müßten seismische Untersuchungen sowie Erkundungsbohrungen herangezogen werden.

Die nächstfolgende Sedimentgruppe, die besonders im Neogengebiet von Hartberg auftritt, besteht aus den fossilreichen Ablagerungen des Sarmatien. Innerhalb des Sarmatien ließen sich desgleichen zwei Sedimentationszyklen ausscheiden.

Das Pannonien ist abermals durch zwei Sedimentationszyklen vertreten. Ablagerungen des Pontien scheinen im erkundeten Neogenraum zu fehlen. Überwiegend grobklastische Sedimente wurden ins Pliozän gestellt.

Die jüngsten Ablagerungen gehören dem Quartär an. Es handelt sich hierbei um Terrassenablagerungen und um Alluvionen.

Die Ablagerungen am Ostrand der Zentralalpen ergeben, von jung nach alt, folgendes Gliederungsschema:

- Ablagerungen des Quartärs
- Ablagerungen des Pliozän
- Ablagerungen des Pannonien
- Ablagerungen des Sarmatien
- Der Tauchener Sedimentationszyklus.

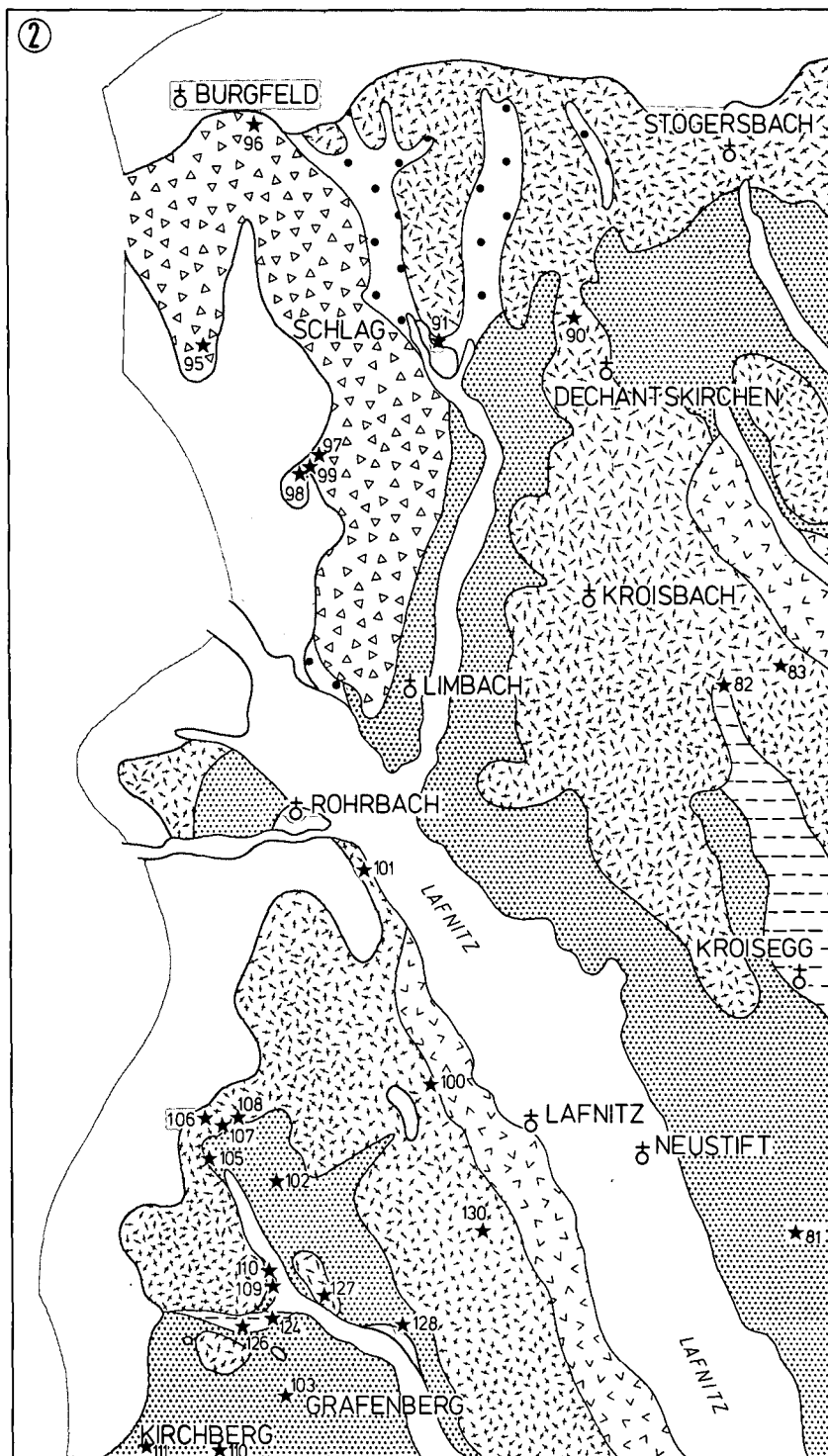


Abb. 9: Kartenblatt 2, Maßstab 1 : 50.000. Legende siehe Abb. 29 (Kartenblatt 10).

## 5. Der Tauchener Sedimentationszyklus

(Kartenblätter 1, 2, 3 und 4, Abb. 8, 9 und 10)

Seinen Namen erhielt der Tauchener Sedimentationszyklus vom Tauchener Flöz, das als Faziesglied innerhalb seiner Schichtfolge auftritt. Zwei Formationen setzen den Tauchener Zyklus zusammen: zuunterst die Sinnersdorf-Formation, darüber folgt die Tauchen-Formation. Beide Formationen stellen Sedimentationsphasen innerhalb des Tauchener Zyklus dar.

### 5.1. Sinnersdorf-Formation

Die Sinnersdorf-Formation wurde nach dem Dorf Sinnersdorf (3) benannt. In dessen Umgebung gewähren einige recht instruktive Aufschlüsse Einblick in ihren lithologischen Charakter.

Die Ablagerungen der Sinnersdorf-Formation bilden entlang des kristallinen Grundgebirgsrahmens einen 2–3 km breiten Schuttsaum. Der Saum beginnt in der Friedberger Bucht, wo er sich in Form einer Rinne

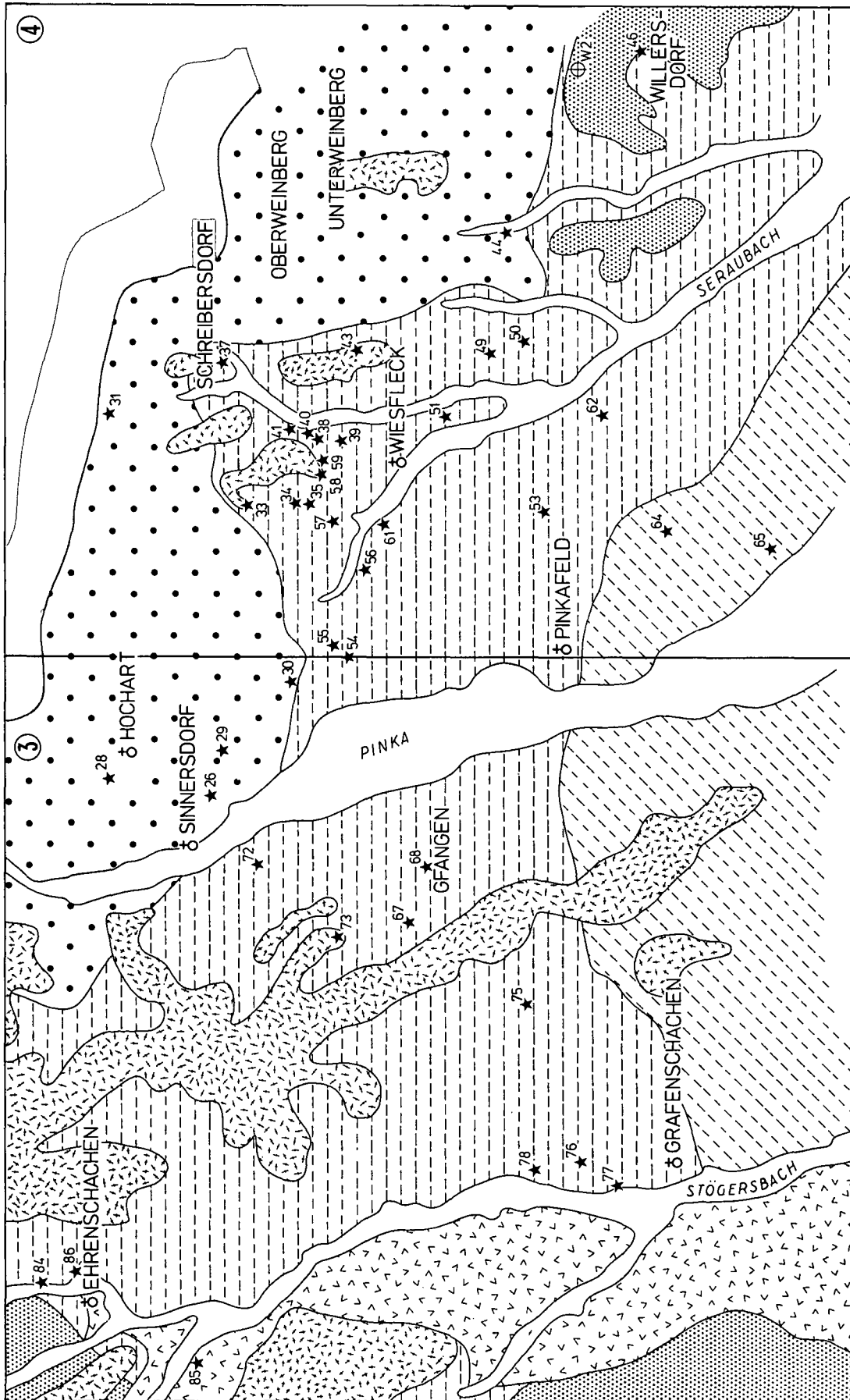


Abb. 10: Kartenblätter 3 und 4, Maßstab 1 : 50.000. Legende siehe Abb. 29 (Kartenblatt 10).

bis nach Steirisch-Tauchen (1) hinaufzieht. Dort erfährt er durch das Kristallin eine kurze Unterbrechung und wird dann von den klastischen Sedimenten des Krumbacher Beckens (außerhalb des untersuchten Gebietes) abgelöst. Südwärts reicht die Schuttrinne bis nach Friedberg und Stögersbach. Von hier setzt sich der Schuttsaum entlang des kristallinen Grundgebirges ostwärts bis nach Willersdorf (4) fort. Über Tauchen (Burgenland) reicht der Schutt der Sinnersdorf-Formation bis in das Draßmarkter Neogenbecken hinein. Im Westen (2) treten einige Erosionsfenster mit Sinnersdorfer Schutt auf.

### 5.1.1. Ausbildung und Schichtfolge der Sinnersdorf-Formation

Der stratigraphische Aufbau sowie der lithologische Charakter der Sinnersdorf-Formation ergab sich aus einem Typusaufschluß und aus etlichen Referenzaufschlüssen (Hypolithostratotypen) des Neogengebietes von Tauchen – Bubendorf – Draßmarkt (NEBERT, GEUTEBRÜCK & TRAUSSNIGG, 1980). Als Ergänzung zur lithostratigraphischen Charakterisierung der Sinnersdorf-Formation in der Neogenbucht von Friedberg-Pinkafeld wird eine Anzahl künstlicher und natürlicher Referenzaufschlüsse zusätzlich herangezogen.

Nach A. WINKLER (1933) soll eine Brekzie (Zöberner Brekzie) die Basis der Sinnersdorf-Formation bilden. Sie soll unmittelbar über dem Grundgebirge liegen und aus eckigen Komponenten bestehen, die in einem rötlichen Bindemittel eingebettet sind. Im untersuchten Gebiet der Friedberg-Pinkafelder Bucht konnte diese Brekzie nicht beobachtet werden, wohl aber an mehreren Stellen (z. B. Aufschluß 31, Kartenblatt 4) ein unverfestigter Schutt, bestehend aus eckigen Blöcken und kleinen gleichfalls eckigen Klasten, die in einer intensiv rot gefärbten, tonig-sandigen Matrix stecken. Der Schutt liegt dem kristallinen Grundgebirge unmittelbar auf.

Der untere Abschnitt der Sinnersdorf-Formation besteht in der Friedberg-Pinkafelder Bucht aus einer

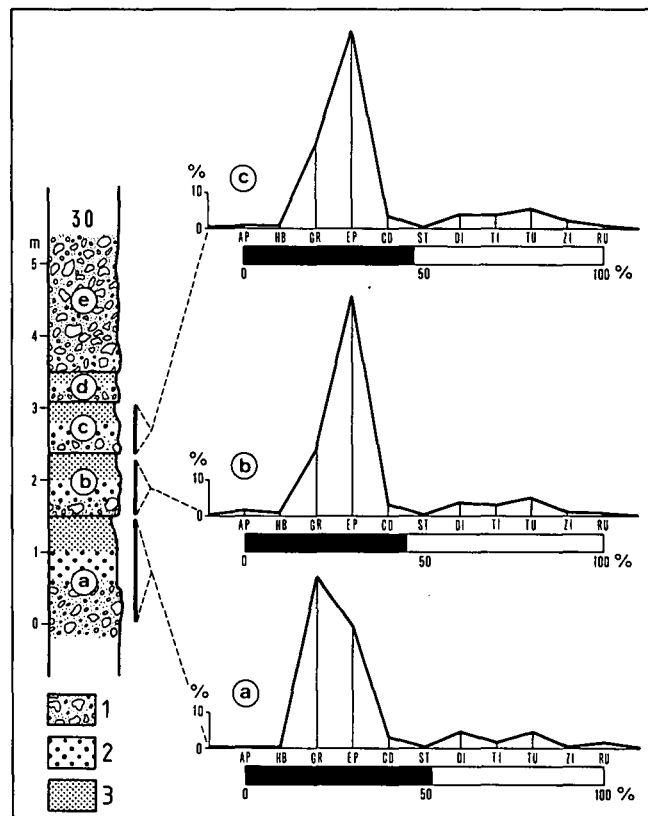


Abb. 12: Aufschluß 30 (3). Rhythmische Sedimentation in der fluviatil-limnischen Schichtfolge der Sinnersdorf-Formation. 1 = Blockschutt; 2 = Schotter; 3 = Sand. Erläuterung im Text.

Wechsellagerung von zumeist ungeschichtetem Blockschutt, Schotter und Sand. Eine genauere Untersuchung zeigte, daß die Wechsellagerung eigentlich durch eine rhythmische Sedimentation zustande kam. Jeder Rhythmus beginnt mit grobem Schutt, geht in Schotter über und endet mit grob- bis feinkörnigem Sand. Die einzelnen Rhythmen können Mächtigkeiten von über 10 m aufweisen. Die Komponenten der groben Fraktion bestehen aus kristallinem Gestein des benachbarten Einzugsgebietes. Sie können gut gerundet oder nur kantengerundet oder überhaupt nicht gerundet, sondern eckig sein. Die Sortierung der Klasten ist stets schlecht.

In dieses stratigraphische Niveau gehört Aufschluß 24 (1). Er liegt an der Straße nach Sparbergeg und hat eine Höhe von über 6 m (Abb. 11). Der Aufschluß zeigt 3 Sedimentationsrhythmen. Jeder Rhythmus beginnt mit einem dichtgepackten, unsortierten und ungeschichteten Blockschutt aus Kristallin-Klasten. Nach oben zu geht der Schutt in einen gleichfalls dicht gepackten und ungeschichteten Schotter aus bis faustgroßen Kristallin-Geröllen über. Der Rhythmus endet mit einem mittel- bis feinkörnigen Sand. Zwei dem Aufschluß entnommene Proben lieferten eine für die fluviatile Phase bzw. GR-Phase eines Sedimentationszyklus typische Schwermineralassoziation. In ihr dominiert GR bis zu 70 % (Abb. 11).

Aus diesem unteren stratigraphischen Niveau der Sinnersdorf-Formation wurden insgesamt 6 Proben auf ihren Schwermineralgehalt untersucht. Die Ergebnisse sind in Tab. 2 enthalten. Das arithmetische Mittel der 6 Proben ergibt ein Standardhistogramm, das in

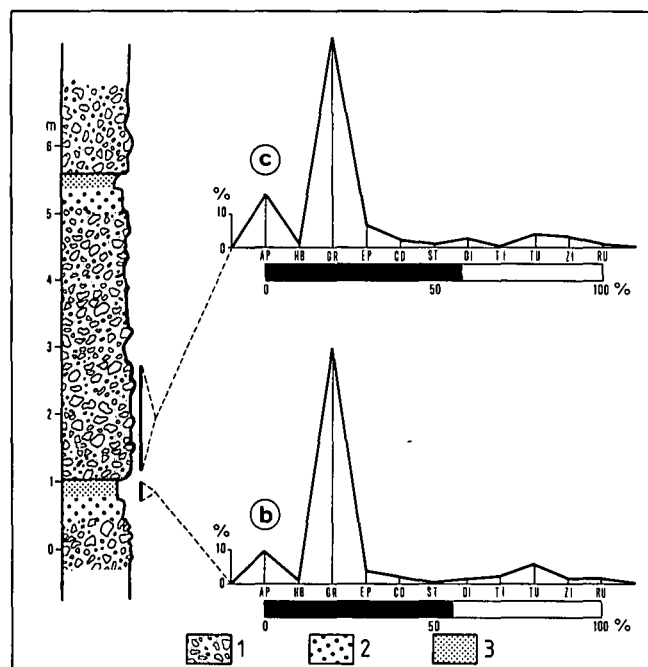


Abb. 11: Referenzaufschluß 24 (1). Erläuterung im Text. 1 = Blockschutt; 2 = Schotter; 3 = Sand.

Tabelle 2: Schwermineralliste der Sinnersdorf-Formation (Anzahl der gezählten Körner).

PROBENR.	TOTAL	OPAK	DURCHS.	AP	HB	GR	EP	CD	ST	DI	TI	TU	ZI	RU	GR/EP
FLUVIATIL-LIMNISCHE PHASE = GR-EP-PHASE															
7 a (1)	980	714	266	13	-	115	134	-	1	-	-	1	-	2	0,86
7 b (1)	350	83	267	10	5	98	152	-	-	1	1	-	-	-	0,64
15 (1)	342	110	232	21	1	59	133	-	1	5	-	6	1	5	0,44
22 (1)	488	259	229	55	3	51	95	6	-	-	9	2	5	3	0,50
23 (1)	351	109	242	27	1	136	60	3	-	6	1	3	1	4	2,27
26 (3)	326	100	226	5	113	25	65	-	-	-	6	3	3	6	0,38
29 (3)	467	229	238	30	2	39	128	2	-	-	3	14	6	14	0,30
30 a (3)	454	235	219	-	-	107	75	8	-	11	3	11	-	4	1,25
30 b (3)	421	189	232	4	2	44	142	9	-	9	7	12	2	1	0,31
30 c (3)	430	204	226	1	1	53	126	8	-	9	8	13	5	2	0,42
44 (4)	365	149	216	17	-	120	63	1	-	-	1	6	6	2	1,90
Summe	4974	2381	2593	183	128	847	1173	37	2	41	39	71	29	43	0,72
FLUVIATILE PHASE = GR-PHASE															
2 a (1)	437	184	253	12	1	213	3	4	-	-	2	13	2	3	71/00
2 b (1)	471	242	229	9	-	180	3	5	-	-	-	29	-	3	60,00
24 b (1)	525	290	235	24	1	166	8	5	-	4	5	14	4	4	20,75
24 c (1)	512	297	215	35	1	134	14	5	2	6	-	9	7	2	9,57
28 (1)	400	164	236	55	1	97	25	-	-	1	30	20	1	6	3,88
31 (4)	394	175	219	1	5	106	22	51	-	3	1	22	3	5	4,82
Summe	2739	1352	1387	136	9	896	75	70	2	14	38	107	17	23	11,95



Abb. 13: Rhythmische Sedimentation im Referenzaufschluß 30 (3). Stratigraphische Position des Fotos siehe Abb. 12, Hammerlänge 32 cm. Erläuterung im Text.

Abb. 18(a) dargestellt und das typisch für die fluviatile Phase (= GR-Phase) eines Sedimentationszyklus ist. Die überragende GR-Spitze (64,6 %), ferner ein GR/EP-Verhältnis von 11,95 und schließlich ein erhöhter AP-Gehalt (9,8 %) sprechen für ein frisches, alpinogenes Liefermaterial, das nach einem relativ langen Transportweg (HB/DURCHS.-Verhältnis = 0,01) in den Sedimentationsraum der Sinnersdorf-Formation gelangte.

Auf die fluviatile Phase (GR-Phase) der Sinnersdorf-Formation folgt eine Schichtfolge, die durch einen zunehmenden EP-Gehalt charakterisiert, aber in lithologischer Hinsicht noch immer aus grobklastischen Ablagerungen zusammengesetzt ist. Sie typisiert eine GR-EP-Phase bzw. eine fluviatil-limnische Phase.

Daß die Sinnersdorf-Formation auch in diesem stratigraphischen Niveau aus Sedimentationsrhythmen zusammengesetzt ist, zeigt uns Referenzaufschluß 30 (3). Er liegt etwa 1 km südöstlich von Sinnersdorf. In einer Höhe von ca. 5 m sind fünf Sedimentationsrhythmen (Abb. 12, a-e) durch den Aufschluß freigelegt. Jeder Rhythmus beginnt mit Grobklastika und endet mit Feinsand (Abb. 13). Die gutgerundeten Komponenten aus kristallinem Gestein sind dicht gepackt. Die Mächtigkeit der einzelnen Rhythmen variiert stark. Drei Rhythmen (a, b und c) wurde je eine Probe für die Untersuchung des Schwermineralgehaltes entnommen. Zwar hebt sich ein aus GR und EP gemeinsam aufgebautes Maximum heraus, doch lassen die Histogramme die Abnahme des GR-Gehaltes in vertikaler Richtung deutlich erkennen (Abb. 12).

In ihrer Gesamtheit betrachtet, nimmt die Korngröße der Sinnersdorfer Ablagerungen in zeitlicher Richtung stetig ab, sodaß in den betreffenden Aufschlüssen (z. B. Aufschluß 7, Kartenblatt 1) nur noch Schotter und Sand auftreten.

Die GR-EP-Phase (= fluviatil-limnische Phase) der Sinnersdorf-Formation ließ sich insgesamt mit 11 Proben aus 8 Aufschlüssen (Tab. 2) belegen. Das ermittelte Standardhistogramm (b in Abb. 18) zeigt ein aus GR (32,7 %) und EP (45,2 %) gemeinsam aufgebautes Maximum. Das GR/EP-Verhältnis (0,72) ist für die fluviatil-limnische Phase bzw. GR-EP-Phase eines Sedimentationszyklus charakteristisch. Bis auf Probe 26 (3) ist das HB/DURCHS.-Verhältnis geringer als 0,05, womit auf einen langen Transportweg geschlossen werden kann.

### **5.1.2. Stratigraphische Abgrenzung, Lagerungsverhältnisse und Mächtigkeit der Sinnersdorf-Formation**

Hinsichtlich der stratigraphischen Abgrenzung der Sinnersdorf-Formation muß zunächst festgehalten werden, daß ihre klastischen Bildungen entlang der Umrahmung der Friedberg-Pinkafelder Neogenbucht als Unterlage des kristallinen Grundgebirge haben. Im Beckeninnern ist die Unterlage unbekannt, da entsprechenden Bohrungen fehlen.

Die Schichten der Sinnersdorf-Formation werden von den Sedimenten der Tauchen-Formation überlagert. Die von einigen Autoren (z. B. K. KOLLMANN, 1965; A. WINKLER-HERMADEN, 1951) angenommene Diskordanz zwischen den Schichten der Sinnersdorf-Formation und jenen der Tauchen-Formation konnte nicht bestätigt werden (GEUTEBRÜCK, 1978). Im Gegenteil, die betreffenden Formationen gehen ineinander über. Dies gilt auch für die Friedberg-Pinkafelder Neogenbucht, wo die Grenzziehung zwischen beiden Formationen aus diesem Grund und aus Gründen der schlechten Aufschlußbedingungen sowie der intensiven Land- und Forstwirtschaft auf erhebliche Schwierigkeiten stößt. Die auf den geologischen Kartenblättern gezogenen Grenzen zwischen der Sinnersdorf- und der Tauchen-Formation müssen infolgedessen als „ungefähre Grenzlinien“ aufgefaßt werden.

Wohl ist eine rhythmische Sedimentation innerhalb der Sinnersdorfer Schichtfolge unverkennbar, jedoch fehlt den Sedimenten eine deutliche Schichtung. Eine Sortierung nach Korngröße fehlt desgleichen: Klasten verschiedener Größe liegen, locker oder fest gepackt, in einer tonig-sandigen Matrix bunt durcheinander.

Mächtigkeitsangaben über die Sinnersdorf-Formation wurden von verschiedenen Autoren vorgenommen. Es sind dies lediglich Schätzungen, die sich zwischen 200 m und 600 m bewegen (GEUTEBRÜCK, 1978).

### **5.1.3. Alter und Korrelation der Sinnersdorf-Formation**

Auf paläontologischer Basis ließ sich das Alter der Sinnersdorf-Formation nicht festlegen. Ihre Alterseinstufung wird einerseits mit den überlagernden fossilführenden Schichten der Tauchen-Formation (Badenien), andererseits mit dem Vorkommen von dm-starken Tuffeinschaltungen in ihrer klastischen Schichtfolge in Beziehung gebracht. Die Tufflagen werden als ein Produkt des dazitisch-andesitischen Vulkanismus des Oststeirischen Beckens angesehen. Der Vulkanismus beginnt im Karpatien und endet mit dem Unterbadenien (F. EBNER & W. GRÄF, 1977; H. FLÜGEL & H. HERITSCH, 1968; K. KOLLMANN, 1965; W. NEUBAUER, 1949; W. PETRASCH, 1940; A. WINKLER-HERMADEN, 1951). Auf

Grund dieser Überlegungen wurde die Sinnersdorf-Formation ins Karpatien eingestuft (NEBERT, GEUTEBRÜCK & TRAUSSNIGG, 1980).

Der grobklastische Charakter der Sinnersdorf-Formation mit ihren Kristallin-Klasten erlaubt eine Korrelation mit dem gleichfalls grobklastischen, überwiegend aus Kristallin-Komponenten bestehenden Brennberger Blockschotter (vgl. Abb. 7).

## **5.2. Tauchen-Formation**

Jene Schichtfolge des Tauchener Sedimentationszyklus, welche das Hangende des Tauchener Flözes einnimmt, wurde als Tauchen-Formation bezeichnet. Die Typisierung der Formation erfolgte mit Hilfe von Oberflächenaufschlüssen und Bohrprofilen aus der Neogenbucht von Tauchen (GEUTEBRÜCK, 1978; NEBERT, GEUTEBRÜCK & TRAUSSNIGG, 1980).

Aus der Tauchener Bucht setzen sich die Sedimente der Tauchen-Formation westwärts in die Bucht von Friedberg-Pinkafeld (4) fort und nehmen dort den zentralen Teil (1 und 3) ein. Im Westabschnitt der Friedberg-Pinkafelder Bucht werden die Sedimente der Tauchen-Formation von jenen des Sarmatien sowie von quartären Ablagerungen überdeckt (2 und 3). Im Süden der Friedberg-Pinkafelder Bucht tauchen die Sedimente der Tauchen-Formation unter jene des Pannonien (3 und 4).

### **5.2.1. Ausbildung und Schichtfolge der Tauchen-Formation**

Im Rahmen der durchgeführten Erkundung ließen sich zwei Faziesbereiche innerhalb der Tauchen-Formation abgrenzen: eine Beckenfazies und eine Deltafazies.

Die intensive Land- und Forstwirtschaft sowie der Umstand, daß die beiden Faziesbereiche lateral ineinander übergehen, hinderten deren kartenmäßige Trennung. Dennoch wird im folgenden die lithologische und sedimentologische Charakterisierung der Ablagerungen der beiden Faziesbereiche getrennt vorgenommen. Einige Oberflächenaufschlüsse übernahmen hierfür die Funktion von Referenzlokalitäten.

Die Beckenfazies ist im Ostabschnitt der Friedberg-Pinkafelder Bucht entwickelt (4).

Sande beherrschen den unteren Abschnitt der Beckenfazies der Tauchen-Formation. Ihre lithologische Ausbildung ist mannigfaltig. Sie erscheinen als ungeschichtete, horizontalgeschichtete oder diagonalgeschichtete Komplexe, mit einer Korngröße, die zwischen fein und grob schwanken kann. Im Sandkomplex treten häufig Schotterschnüre, -lagen oder -bänke auf, mit gut gerundeten, überwiegend aus Quarz bestehenden, maximal hühnereigroßen Klasten. In der Regel ist der basale Abschnitt dieser Sandkomplexe fossilifer, jedoch erscheinen in vertikaler Richtung bald die ersten marinen Mikro- und Makrofossilien des Badenien.

Die Standardzusammensetzung der Schwermineralassoziation des unteren Abschnitts der Beckenfazies, ermittelt aus 7 Probenanalysen (Tabelle 3), ergab ein GR/EP-Verhältnis von 0,62. Sie würde somit innerhalb einer GR-EP-Phase liegen und eine ältere marine Phase der Beckenfazies des Tauchener Sedimentationszyklus charakterisieren. Histogramm c in Abb. 18 zeigt die Standardzusammensetzung ihrer Schwerminerale.



Tabelle 3: Schwermineralliste der Tauchen-Formation (Anzahl der gezählten Körner).

PROBENR.	TOTAL	OPAK	DURCHS.	AP	HB	GR	EP	CD	ST	DI	TI	TU	ZI	RU	GR/EP
JÜNGERE MARINE PHASE = EP-PHASE															
33 (4)	386	107	279	-	1	4	247	5	-	7	2	8	2	3	0,02
34 a (4)	377	104	273	1	-	4	251	3	-	-	-	10	-	4	0,02
34 b (4)	376	106	270	-	-	15	233	-	-	-	1	17	2	2	0,06
35 (4)	342	94	248	13	1	2	204	6	-	-	10	2	4	6	0,01
37 (4)	345	81	264	1	1	6	229	11	-	2	3	6	2	3	0,03
38 a (4)	299	81	218	1	37	18	143	1	3	-	3	7	3	2	0,13
38 b (4)	340	110	230	35	15	24	140	4	1	-	6	4	-	1	0,17
38 c (4)	272	48	224	20	23	32	134	3	-	-	3	5	-	4	0,24
39 a (4)	289	49	240	15	21	15	179	3	-	-	1	4	2	-	0,08
39 b (4)	295	37	258	20	18	6	206	1	-	-	2	3	1	1	0,03
39 d (4)	367	137	230	4	5	25	166	14	-	-	1	8	4	3	0,15
41 (4)	271	41	230	4	95	15	106	2	-	-	2	5	1	-	0,14
45 a (4)	414	186	228	2	3	7	183	13	-	-	2	10	-	8	0,04
46 a (4)	999	768	231	2	-	6	172	19	-	-	2	20	3	7	0,03
47 a (4)	1023	778	245	-	-	12	187	19	-	2	-	12	5	8	0,06
49 (4)	318	36	282	1	1	10	252	1	-	-	1	11	-	5	0,04
50 (4)	319	50	269	-	-	2	253	3	-	-	1	4	2	4	0,01
51 (4)	343	107	236	1	-	2	191	19	-	-	-	9	5	9	0,01
55 a (4)	338	90	248	4	2	24	203	3	-	2	4	3	1	2	0,12
55 b (4)	343	96	247	17	2	7	205	-	-	-	1	4	3	8	0,03
56 (4)	375	145	230	12	2	14	171	5	-	-	2	19	-	5	0,08
57 (4)	344	115	229	4	1	7	201	3	-	-	1	10	1	1	0,14
62 (4)	298	18	280	11	-	31	221	4	-	2	2	7	-	2	0,14
63 (4)	326	74	252	7	2	8	204	13	-	-	1	14	-	3	0,04
Summe	9399	3458	5941	175	230	296	4681	155	4	15	51	202	41	91	0,06
ÄLTERE MARINE PHASE = GR-EP-PHASE															
40 a (4)	272	39	233	4	16	74	131	2	-	-	1	3	-	2	0,56
54 a (3)	496	154	342	19	3	175	126	2	1	-	8	-	2	6	1,39
54 b (3)	282	58	224	8	17	63	125	2	-	-	2	4	-	3	0,50
54 d (3)	511	294	217	-	1	32	161	-	-	1	1	1	8	12	0,20
58 (4)	288	50	238	13	43	72	101	1	-	-	3	2	-	3	0,71
59 (4)	285	40	245	6	38	88	98	-	-	-	9	3	-	3	0,90
61 (4)	326	85	241	7	-	52	153	6	-	-	1	15	1	6	0,34
Summe	2460	720	1740	57	118	556	895	13	1	1	25	28	11	35	0,62

ralassoziation. Das abgelagerte Sedimentmaterial muß, nach dem HB/DURCHS.-Verhältnis (0,07) zu urteilen, einen mittellangen Transportweg zurückgelegt haben.

Die Sedimente der jüngeren marinen Phase der Tauchener Sedimentationszyklus sind in einigen künstlichen Aufschlüssen freigelegt. Sie nehmen den oberen Abschnitt der Schichtfolge der Tauchener Beckenfazies ein. Es dominieren Sande, denen mitunter einige Kleinschotter-Lagen zwischengeschaltet sind. Die Sande sind fein- bis grobkörnig, von hell- bis dunkelgrauer Färbung, zumeist ungeschichtet und enthalten Fossilien des Badenien. Im oberen Abschnitt der jüngeren marinen Schichtfolge stellt sich ein etwa 2 m starker Lithothamnium-Kalksteinhorizont (Leithakalkstein) ein.

Die soeben geschilderte Schichtfolge des oberen Abschnitts der Beckenfazies der Tauchen-Formation finden wir instruktiv aufgeschlossen in den Sandgruben, die sich zwischen den Ortschaften Wiesfleck und Schreibersdorf (4) im Abbau befinden. Die Nordwand einer dieser Gruben wurde als Aufschluß 38 (4), und ihre Südwand als Aufschluß 39 (4) beprobt (Abb. 14). In sämtlichen Histogrammen bildet EP den alleinigen Häufigkeitsspitzen. Der GR-Gehalt ist stark reduziert.

Die Mikro- und Makrofossilien der beiden Aufschlüsse werden später besprochen.

18 Aufschlüssen der jüngeren marinen Phase der Tauchen-Formation wurden insgesamt 24 Proben entnommen (Tabelle 3). Das arithmetische Mittel der Analysenwerte dieser Proben ergab ein Standardhistogramm (d, Abb. 18) mit einer ausgeprägten EP-Spitze von 78,8 %. Das Verhältnis GR/EP beträgt 0,06 und liegt damit betont über dem unteren Grenzwert (0,25) der EP-Phase eines Sedimentationszyklus.

Die Sedimente der Deltafazies sind hauptsächlich im mittleren Abschnitt der Friedberger Neogenbucht (3 u. 4) entwickelt, und zwar in der Fortsetzung jener N-S-Rinne, welche von den grobklastischen Ablagerungen der Sinnersdorf-Formation eingenommen wird.

In lithologischer Hinsicht ist die Deltafazies der Tauchen-Formation durch das Vorherrschen grobklastischer Sedimente (Schotter und Grobsande) gekennzeichnet. Fossilien fehlen. Sedimentäre Deltastrukturen sind häufig. Sie sollen später besprochen werden.

Die Schwermineralassoziaton der Deltafazies ist in ihrer Zusammensetzung den gleichen Änderungen unterworfen wie jene der Beckenfazies. In ihrem unteren

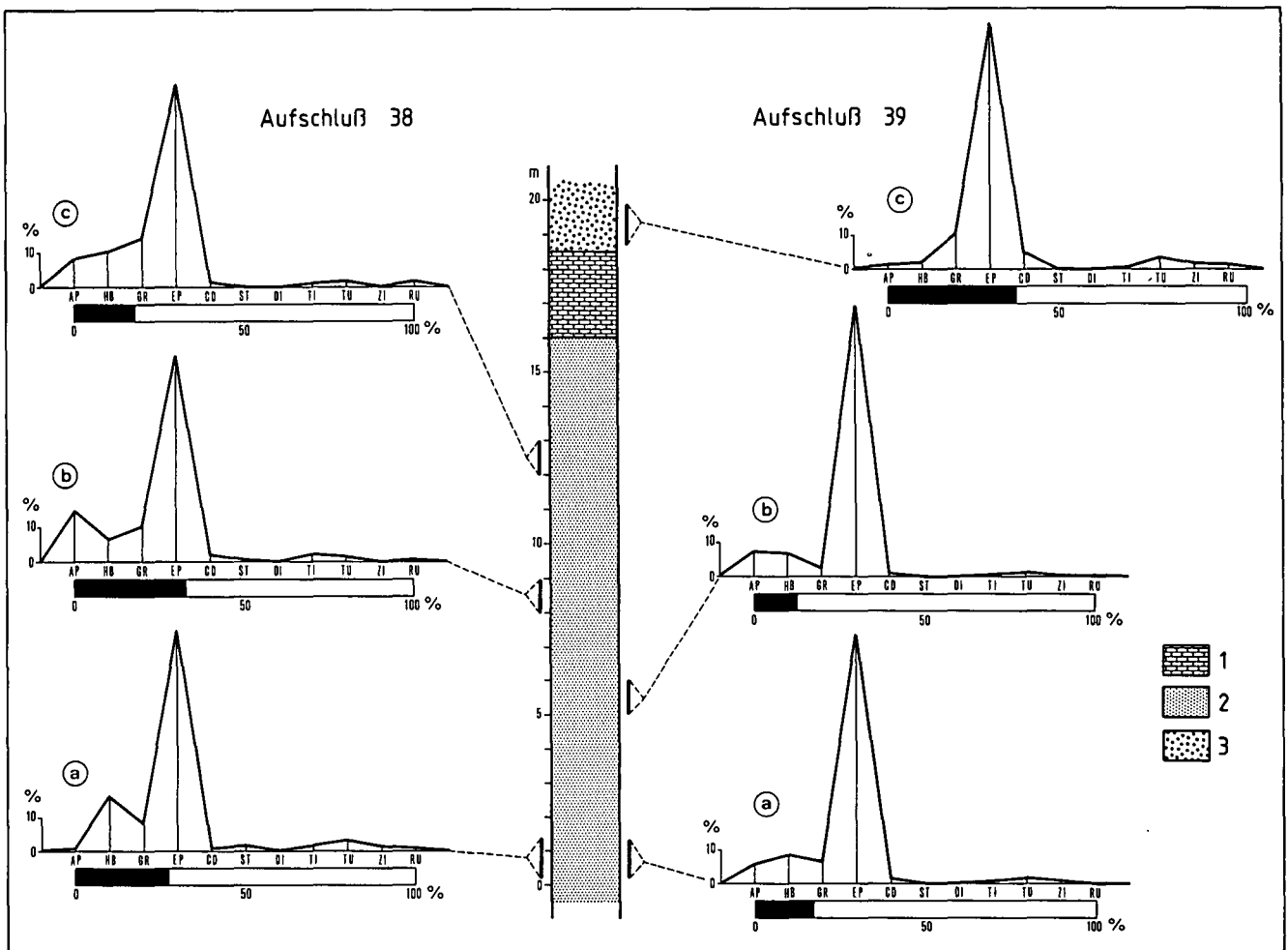


Abb. 14: Sandgrube mit den Aufschlüssen 38 (4) und 39 (4). 1 = Kalkstein; 2 = Sand; 3 = Schotter. Erläuterung im Text.

Tabelle 4: Schwermineralliste der Tauchen-Formation (Anzahl der gezählten Körner).

PROBENR.	TOTAL	OPAK	DURCHS.	AP	HB	GR	EP	CD	ST	DI	TI	TU	ZI	RU	GR/EP
JÜNGERE DELTA-PHASE = EP-PHASE															
53 a (4)	301	53	248	10	2	8	216	2	-	-	1	6	1	2	0,04
53 b (4)	307	34	273	2	2	2	254	3	-	1	1	7	1	-	0,01
53 c (4)	315	52	263	7	5	7	231	3	-	1	1	3	4	1	0,03
67 a (3)	292	68	224	-	-	2	189	6	-	1	1	9	4	12	0,01
67 b (3)	338	107	231	1	1	4	210	1	-	1	-	7	6	-	0,02
67 c (3)	327	87	240	8	-	1	205	7	-	-	1	11	2	5	0,01
67 d (3)	317	82	235	1	1	2	207	4	-	-	1	12	3	4	0,01
67 e (3)	311	78	233	-	-	2	208	-	-	-	-	18	1	3	0,01
72 (3)	316	86	230	8	3	4	187	8	-	-	7	5	3	5	0,02
74 (3)	452	208	244	-	-	6	218	1	3	-	2	6	5	3	0,03
75 (3)	1269	1027	242	-	-	8	147	-	1	-	-	44	5	37	0,05
76 (3)	520	265	255	-	-	10	230	1	-	1	1	3	4	5	0,04
77 (3)	425	175	250	-	-	13	219	-	-	-	2	7	3	6	0,06
78 (3)	356	109	247	-	22	15	187	1	2	2	1	4	5	8	0,08
82 a (2)	772	533	239	-	1	5	202	-	-	-	1	15	2	13	0,02
82 b (2)	716	488	228	-	-	5	186	-	1	-	4	12	11	9	0,03
86 (3)	2215	1976	239	1	-	31	181	-	-	1	4	3	12	6	0,17
Summe	9549	5428	4121	38	38	125	3477	37	7	8	28	172	72	119	0,04
ÄLTERE DELTA-PHASE = GR-EP-PHASE															
68 (3)	300	67	233	3	-	71	140	3	-	1	3	7	2	3	0,51
84 (3)	2494	2221	273	17	4	138	99	2	1	-	6	-	2	4	1,39
Summe	2794	2288	506	20	4	209	239	5	1	1	9	7	4	7	0,87

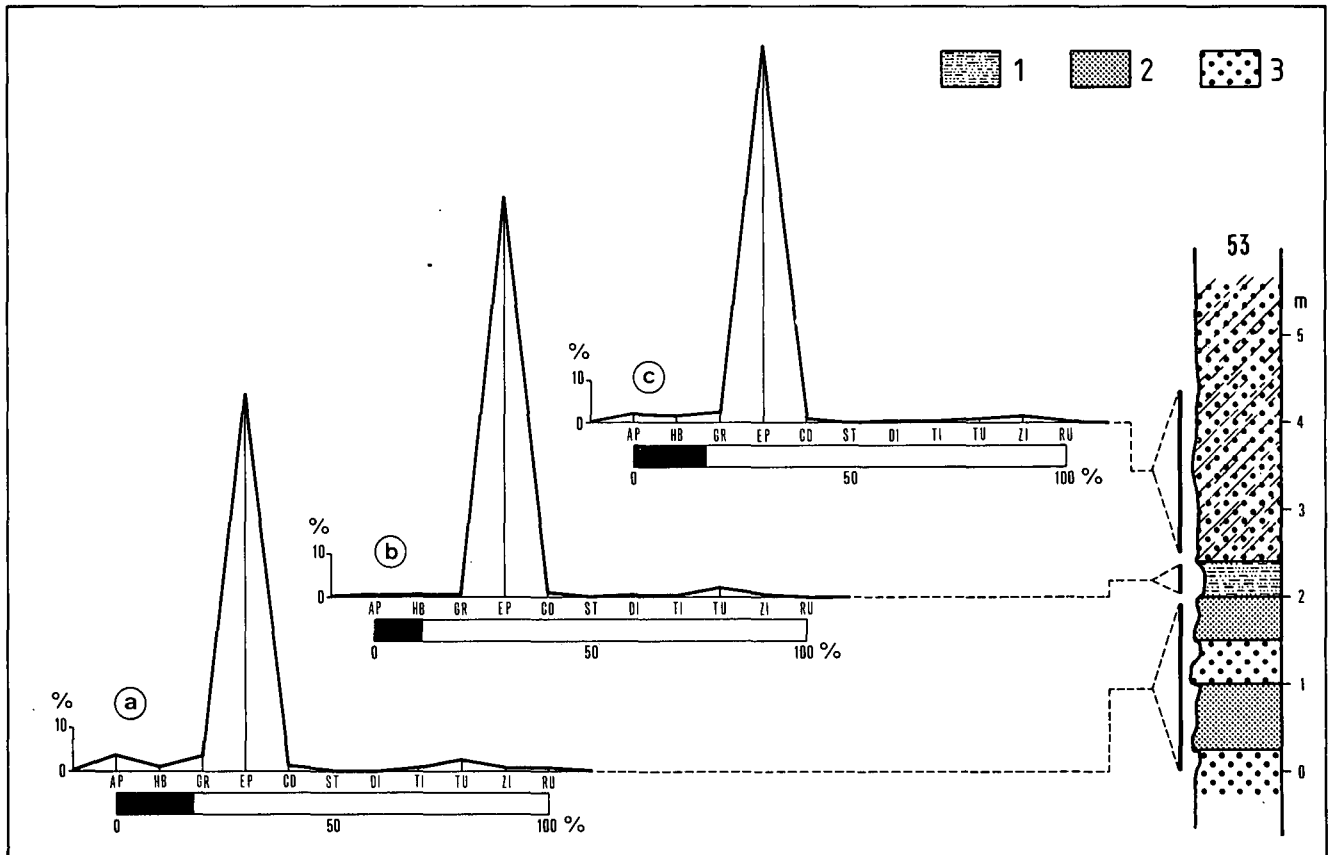


Abb. 15: Aufschluß 53 (4). 1 = Tegel; 2 = Sand; 3 = Schotter. Erläuterung im Text.

Abschnitt ist eine GR-EP-Phase entwickelt. Das arithmetische Mittel zweier Proben (Tabelle 4) aus diesem stratigraphischen Niveau ergab das Standardhistogramm e in Abb. 18. Es zeigt ein deutliches Maximum, das fast zu gleichen Teilen aus GR (41,3 %) und EP (47,2 %) aufgebaut wird. Das GR/EP-Verhältnis beträgt 0,87. Diese Schwermineralassoziation charakterisiert eine ältere Deltaphase der Tauchen-Formation. Das HB/DURCHS.-Verhältnis von 0,01 ist für einen langen Transportweg kennzeichnend.

Die 1,5 km östlich von Pinkafeld gelegene Sandgrube 53 (4) übernimmt die Rolle eines Referenzaufschlusses für die jüngere Deltaphase des Tauchener Sedimentationszyklus. In ihr sind typische Deltaablagerungen zu sehen (Abb. 17, Foto b). Die Schwermineralzusammensetzung von drei Proben (Abb. 15) besteht einheitlich aus einem dominierenden EP-Gehalt, dessen Spitze 93 % (Histogramm 53 b) erreicht.

Die ca. 0,5 km NW von Gfangen (3) gelegene Sandgrube 67 (3) stellt für die jüngere Deltaphase einen zweiten Referenzaufschluß dar, dem 5 Proben entnommen wurden. Die betreffenden Schwermineralassoziationen besitzen alle eine nahezu monominerale Zusammensetzung, in welcher EP Häufigkeitsspitzen von über 80 % erreicht (Abb. 16).

Die jüngere Deltaphase der Tauchen-Formation konnte mit 17 Proben aus 10 Aufschlüssen belegt werden (Tabelle 4, Histogramm f der Abb. 18). Als Durchschnittswert für das Verhältnis GR/EP ergaben die Proben 0,04. Dieser Wert ist fast identisch mit dem Durchschnittswert der EP-Phase (= jüngere marine Phase) der Beckenfazies (vgl. Tafel 3). Ein langer Transportweg wird vom HB/DURCHS.-Verh. (0,01) angezeigt.

### 5.2.2. Stratigraphische Abgrenzung, Lagerungsverhältnisse und Mächtigkeit der Tauchen-Formation

Bezüglich der stratigraphischen Abgrenzung der Tauchen-Formation muß herausgestrichen werden, daß in der Friedberg-Pinkafelder Neogenbucht die grobklastischen Ablagerungen der Sinnersdorf-Formation das Liegende der Tauchen-Formation bilden. Da zwischen beiden Formationen hinsichtlich ihrer lithologischen Ausbildung ein Übergang besteht, stellt die Grenze auf der geologischen Karte eine konventionelle Linie dar.

Nach der Ablagerung der Tauchen-Formation trat im Gebiet der Friedberg-Pinkafelder Bucht eine Trockenlegungsphase verbunden mit einer intensiven Abtragung ein. Diesem Umstand ist es zuzuschreiben, daß das Hangende der Tauchen-Formation von verschiedenaltigen Schichten eingenommen wird. Sie gehören dem Sarmatien, Pannonien und Quartär an.

Neben den bekannten fluviatil-sedimentären Strukturen wie Diagonalschichtung, Kreuzschichtung, Sedimentrhythmen etc., treten auch typische sedimentäre Deltastrukturen auf. So sind im Aufschluß 67 (3) Wirbelstrukturen freigelegt. Eine cm-dünne Tonschicht (in Foto a der Abb. 17, von den Pfeilspitzen angezeigt), die während einer ruhigen Sedimentationsperiode zur Ablagerung gelangte, wurde während einer nachfolgenden turbulenten Periode von ihrer Unterlage losgelöst und von den Schotter-sedimenten aufwärts gebogen und neu eingebettet. Typisch für Deltaablagerungen ist auch der schräggeschichtete Schotter-Sand-Komplex in Aufschluß 53 (4), der über einer horizontalgeschichteten Folge zu liegen kommt (Abb. 17, Foto b).

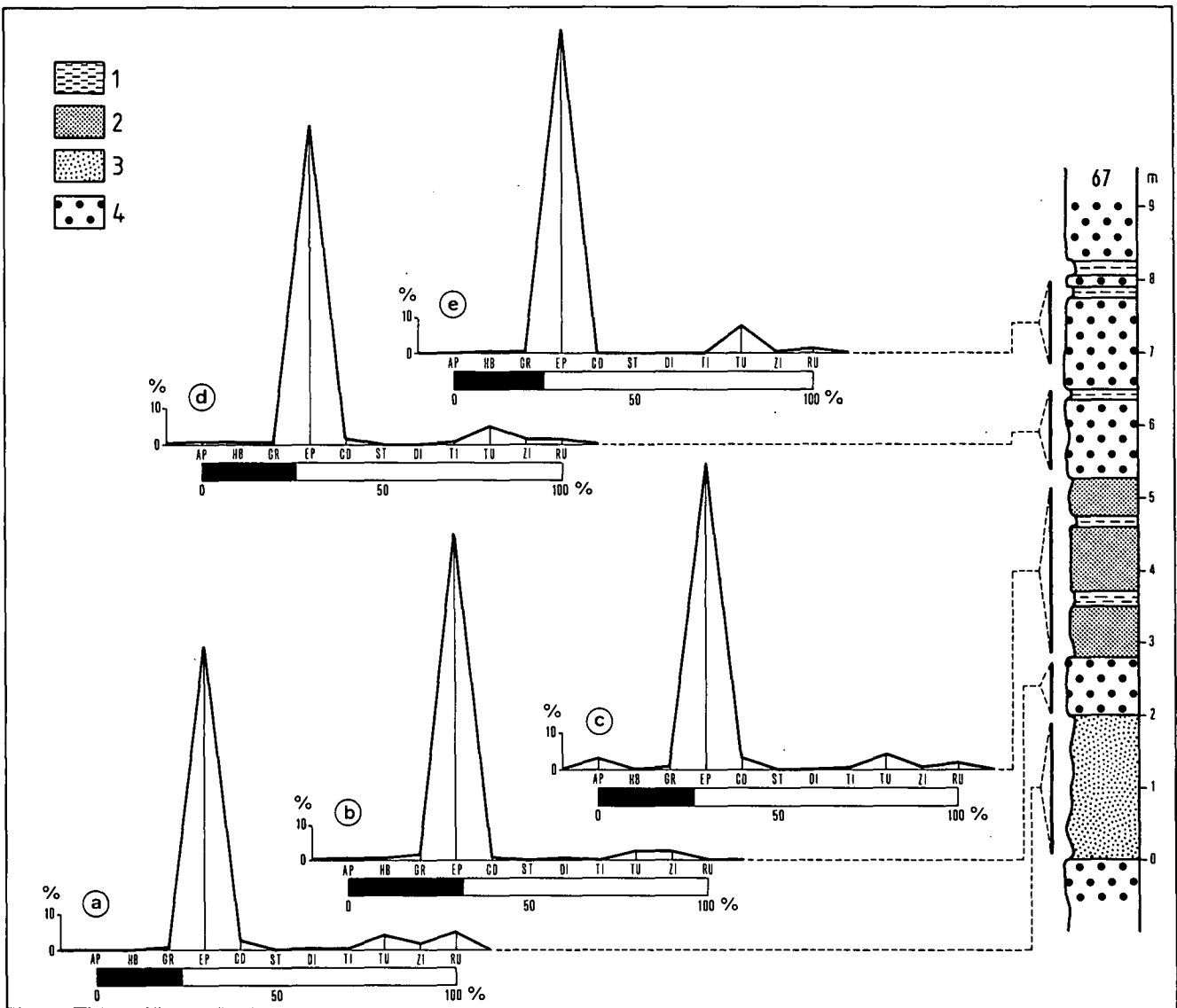


Abb. 16: Referenzaufschluß 67 (3). 1 = Ton; 2 = Sand, ungeschichtet; 3 = Sand, diagonalgeschichtet; 4 = Schotter. Erläuterung im Text.

Im Tauchener Kohlenrevier läßt sich auf Grund von Bohrergebnissen die maximale Mächtigkeit der Tauchen-Formation mit 200 m angeben. In der Friedberg-Pinkfelder Bucht dürfte die Formation eine ähnliche Mächtigkeit besitzen.

### 5.2.3. Alter und Korrelation der Tauchen-Formation

Das Tauchener Flöz und mit ihm die Tauchen-Formation wird auf Grund von Fossilien allgemein ins Badenien eingestuft (H. FLÜGEL & H. HERITSCH, 1968; K. KOLLMANN, 1965; L. WEBER & A. WEISS, 1983; H. ZAPFE, 1956).

Die Aufschlüsse 39 (4), 54 (3) und 124 (2) lieferten folgende Mikrofossilien (Bestimmung: M. E. SCHMID). Foraminiferen: *Nodosaria raphanistrum* (L.), *Lingulina costata* ORB., *Lenticulina calcar* (L.), *Lenticulina echinata* (ORB.), *Spiroplectamina carinata* (ORB.), *Reussella spinulosa* (REUSS), *Heterolepa dutemplei* (ORB.), *Florilus boueanus* (ORB.), *Melonis soldanii* (ORB.), *Pullenia bulloides* (ORB.), *Gyroidina soldanii* (ORB.), *Bolivina antiqua* ORB., *Uvigerina venusta* FRANZENAU, *Globigerina* sp. sp., *Globoquadrina dehiscens* (CHAPMAN, PARR & COLINS), *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Orbulina suturalis*

(BRÖNNIMANN), *Hanzawaia boueana* (ORB.), *Dimorphina tuberosa* (ORB.), *Elphidium crispum* (L.), *Elphidium listeri* (REUSS), *Elphidium flexuosum reussi* MARKS, *Elphidium aculeatum minoriforme* PAPP, *Cibicides lobatulus* (WALKER & JACOB), *Dendritina haueri* ORB., *Spirolina austriaca* ORB. Ostrakoden: *Aurila cicatricosa* (REUSS), *Aurila haueri* (REUSS), *Hermannites haidingeri* (REUSS), *Procythereis* sp., *Bairdia* sp. und *Bythocythere* sp.

Die angeführte Mikrofauna ist für die Obere Lageniden Zone – Sandschaler Zone (Oberes Unter- bis Unteres Mittelbadenien) charakteristisch.

Die fossile Makrofauna (Bestimmung: F. STOJASPAL) stammt aus den Aufschlüssen 38 (4), 39 (4), 54 (3), 58 (4) und 59 (4). Sie enthält folgende Formen: *Glycymeris pilosus* (L.), *Chlamys latissima nodosiformis* (SERRES), *Chlamys malviniae* (DUBOIS), *Chlamys* sp., *Lithodomus* sp., *Lucina* sp., *Pecten* sp., *Astraea* sp., *Polinices redemptus* (MICHELOTTI), *Dentalium* sp., *Crassostrea gryphoides* (SCHLOTHEIM), *Conus cf. dujardini* DESHAYES, Stockkorallen und Lithothamniumknollen. Diese Makrofauna weist auf eine marine Randfazies des Badenien (Leithakalkfazies) hin.

Die Tauchen-Formation läßt sich mit den Ritzinger Sanden des Neogengebietes von Brennbreg und Ritzing korrelieren (s. Abb. 7).



Abb. 17: Foto a: Aufschluß 67 (3); Wirbelstruktur (Pfeilspitze) im Kleinschotter der jüngeren Deltaphase der Tauchen-Formation. Foto b: Aufschluß 53 (4). Über einem horizontal gelagerten Grobsand-Schotter-Komplex liegt ein schräggeschichteter Sedimentkomplex der jüngeren Deltaphase.

### 5.3. Kohlengeologische Bemerkungen zu den Ablagerungen des Tauchener Sedimentationszyklus

Während der telmatischen Phase des Tauchener Sedimentationszyklus entstand das Tauchener Kohlenflöz. Im Tauchener Revier liegt über dem Blockschutt der Sinnersdorf-Formation eine nur wenige Meter starke Lage aus Sand und Ton. Darüber folgt das lithotype Faziesglied der Tauchen-Formation in Form einer etwa 25 m mächtigen Flözfolge (GEUTEBRÜCK, 1978). Die Lignitfolge besteht aus drei Kohlenbänken, die durch Lagen eines vulkanischen Tuffs getrennt sind. Die Tuffe lassen sich dem miozänen Vulkanismus des Steirischen Vulkanbogens zuordnen (HAUSER & NEUWIRTH, 1959).

Aus der Neogenbucht von Tauchen setzt sich das Tauchener Kohlenflöz westwärts in die Friedberg-Pinkafelder Bucht fort. Flözausbisse ließen sich im Bereich dieser Bucht nicht nachweisen. Jedoch durchteufte die in der Nähe der Ortschaft Willersdorf lozierte Bohrung W2 (4) eine kohleführende Schichtfolge, die dem Tauchener Flöz zuzuordnen wäre.

Das Vorhandensein des Tauchener Flözes in der Bucht von Friedberg-Pinkafeld wird ferner von aufgelassenen Bauen bei Schreibersdorf und Willersdorf (K. HAYR, 1951; V. HILBER, 1894; K. HOFMANN, 1877; K. LECHNER, 1951 und 1954) sowie von Kohlenvorkommen

bei Sinnersdorf (HAYR, 1951; LECHNER, 1951 und 1954) wahrscheinlich gemacht.

Ungewiß ist es, ob das Tauchener Flöz im Untergrund des Mittelabschnitts der Friedberg-Pinkafelder Bucht vorhanden ist, d. h. im Untergrund jenes Gebietes, das von den klastischen Deltaablagerungen eingenommen wird. Nur Bohrungen könnten dies klären.

### 5.4. Schlußbetrachtungen über den Tauchener Sedimentationszyklus

Die Korngröße eines klastischen Sediments wird primär von den Reliefverhältnissen im Alimentationsgebiet bestimmt. Hingegen wird die Zusammensetzung der Schwermineralassoziation eines Sediments in der Hauptsache von klimatischen Faktoren geprägt. Sie verursachen im Alimentationsgebiet die selektive Verwitterung der Mineralien eines Gesteins. GR ist besonders verwitterungsanfällig. In vertikaler Richtung nimmt sein Gehalt im Schwermineralspektrum zusehends ab (Abb. 18). Zum einen ergibt sich daraus die Folgerung, daß die durch tektonische Vorgänge frisch entblößten Gesteinsmassen unmittelbar einer kräftigen und tiefgreifenden Verwitterung ausgesetzt waren, derzufolge eine Zerstörung des GR und eine Reduzierung seines Gehalts im Liefermaterial verursacht wurde. Zum anderen setzt eine intensive Verwitterung ein feucht-warmes, subtropisches bis tropisches Klima voraus.

Der extrem grobkörnige Blockschutt der Sinnersdorf-Formation leitete im Karpatien den Tauchener Sedimentationszyklus ein. Die Sinnersdorfer Blockschuttseimentation muß mit einem Einbruch und mit der Entstehung einer Senke entlang des kristallinen Beckenrahmens in Verbindung gebracht werden. Bei diesem tektonischen Vorgang wurde der Beckenrand beachtlich höher geschaltet, was neben einer enormen Steigerung der Reliefenergie und der Erosionstätigkeit die Freilegung von frischen kristallinen Gesteinsmassen zur Folge hatte. Wildbäche stürzten in die neuentstandene Senke und lagerten dort das frische, unverwitterte Gesteinsmaterial der Sinnersdorf-Formation ab. Infolgedessen verlief die lithofazielle Phase des Tauchener Sedimentationszyklus zunächst konform zur Schwermineralphase: Einer fluviatilen Phase, während welcher Blockschutt in riesigen Mengen abgelagert wurde, entspricht eine GR-Phase, deren Histogramme eine charakteristische Zusammensetzung mit einer beachtlichen GR-Übermacht aufweisen (Histogramm a, Abb. 18).

In vertikaler Richtung geht die GR-Phase in eine GR-EP-Phase über. In den Histogrammen wird das Maximum gemeinsam von GR und EP aufgebaut (Histogramm b, Abb. 18). Die Schwermineralphase verläuft jedoch nicht konform zur lithofaziellen Phase. Infolge der besonders akzentuierten Reliefverhältnisse im Liefergebiet wird das Korn der abgelagerten Sedimente nicht kleiner, sondern bleibt weiterhin ausgesprochen grob, der Zersetzungsprozeß der verwitterungsanfälligen Mineralien schreitet jedoch fort. Dies hat die Zerstörung des verwitterungsanfälligen GR und die relative Anreicherung des chemisch stabileren EP zur Folge.

Erst im obersten Abschnitt der Sinnersdorf-Formation, nachdem die Einbruchsenke mit gorbklastischem Material aufgefüllt war, die Reliefenergie im Einzugsgebiet langsam abnahm und die Senke sich in bestimmten Randbereichen zum Becken ausweitete, gelangte in zunehmendem Maß feinkörnigeres Material zur Ablage-

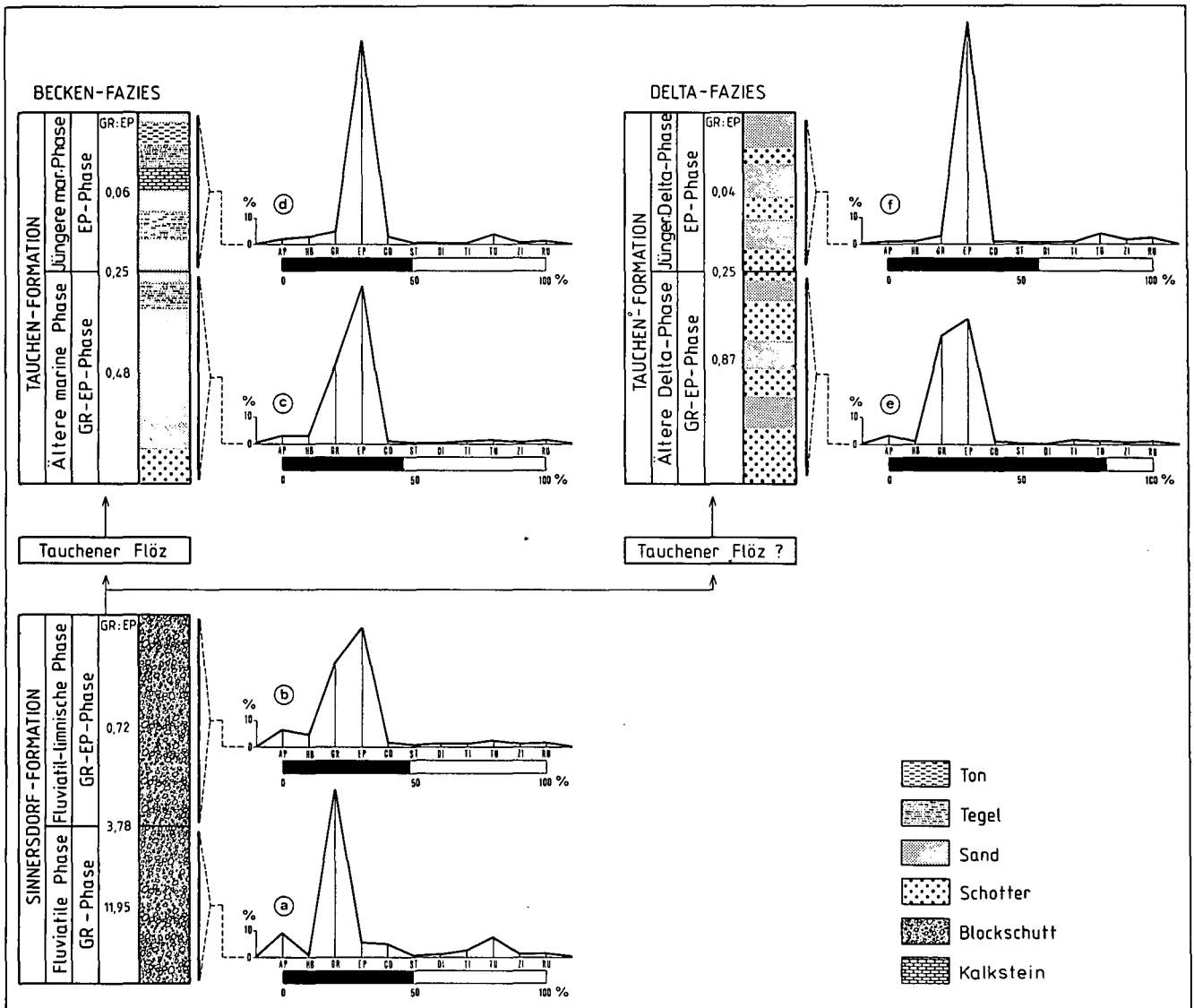


Abb 18: Lithofaziale Phasen und Schwermineralphasen des Tauchener Sedimentationszyklus. Erläuterung im Text.

rung, so daß die lithofaziale Phase nun wieder konform mit der Schwermineralphase (GR-EP-Phase) verlief.

Im Ostabschnitt der Friedberg-Pinkfelder Bucht entstanden die ersten geeigneten Bildungsräume für Kohle. Zudem ermöglichten günstige Bedingungen (üppiger Pflanzenwuchs verbunden mit einem feucht-warmen

Klima) zeitweilig die Erzeugung von Kohlesubstanz, die, von Sanden und Tonen überdeckt, als Tauchener Kohlenflöz konserviert wurde. Damit erhielt der Tauchener Sedimentationszyklus auch eine telmatische Phase, die speziell in den Sedimenten der einstigen Randbereiche nachzuweisen ist. In anderen Teilen der Friedberg-Pinkfelder Bucht kommt es zu keiner Kohlebildung, denn geeignete Bildungsräume fehlen. Dies trifft besonders auf ihren mittleren Abschnitt zu. Der betreffende Raum wird von Deltaablagerungen eingenommen.

Bald nach der Ablagerung des Tauchener Flözes überflutete das Meer die Friedberg-Pinkfelder Bucht. Im Ostabschnitt der Bucht wurde das bestehende fluviatil-limische Milieu kurzfristig in ein brackisches übergeführt und schließlich von einem rein marinen Milieu abgelöst (Beckenfazies der Tauchen-Formation). Im Mittelabschnitt der Friedberg-Pinkfelder Bucht befand sich das Mündungsgebiet eines großen Flusses, der, aus dem Norden kommend, seine Fracht in Form eines Deltas (Deltafazies der Tauchen-Formation) ins angrenzende Meer entlud.

So lassen sich innerhalb der Tauchen-Formation zwei Faziesbereiche abgrenzen: ein mariner Bereich und ein

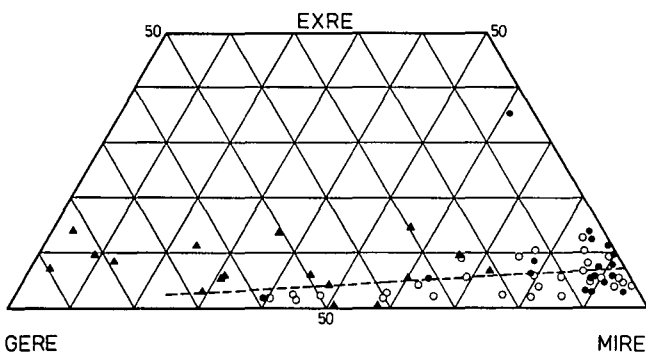


Abb. 19: Lage der Schwermineralanalysenwerte von 67 Sedimentproben des Tauchener Sedimentationszyklus im Verwitterungsdiagramm. ▲ = Sinnersdorf-Formation; ● = Deltafazies der Tauchen-Formation; ○ = marine Fazies der Tauchen-Formation. Erläuterung im Text.

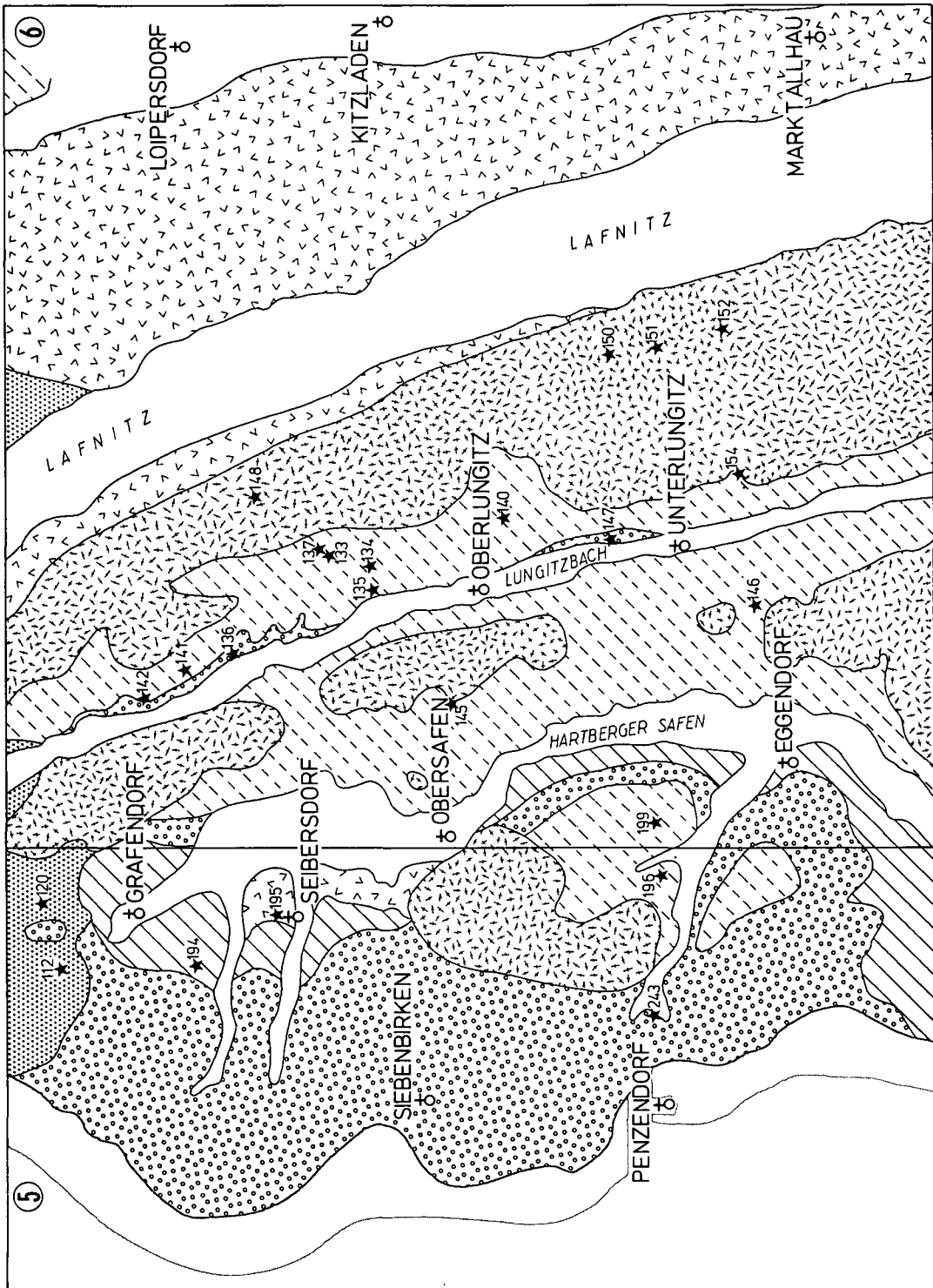


Abb. 20: Kartenblätter 5 und 6, Maßstab 1 : 50.000. Legende siehe Abb. 29 (Kartenblatt 10).



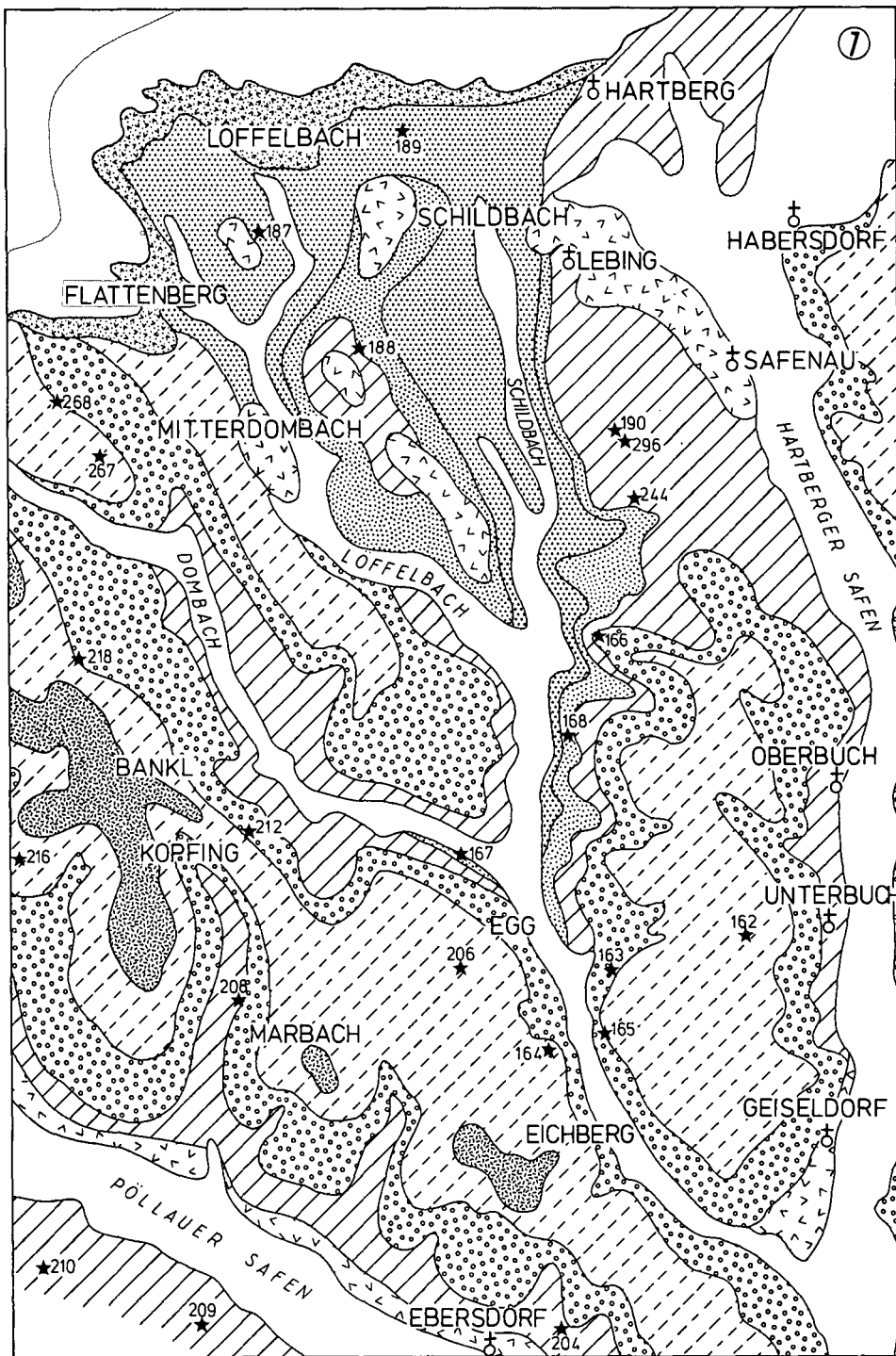


Abb. 21: Kartenblatt 7, Maßstab 1 : 50.000. Legende siehe Abb. 29 (Kartenblatt 10).

Deltabereich. In den Sedimenten beider Bereiche unterlag die Zusammensetzung der Schwermineralassoziaton dem gleichen Wandel. In der älteren marinen Phase bzw. in der älteren Deltaphase haben GR und EP gemeinsam eine betonte Vormacht (Histogramme c und e, Abb. 18). Diese GR-EP-Phase würde dem oberen Abschnitt einer fluviatil-limnischen Phase im Ablagerungsbereich eines Süßwasserbeckens entsprechen. In der jüngeren marinen Phase sowie in der jüngeren Deltaphase ist GR bis auf wenige Prozente ausgemerzt, und EP erreicht im Histogramm einen Häufigkeitsgipfel von über 90 % (Histogramme d und f, Abb. 18). Die beiden letzterwähnten Phasen wür-

den somit der limnischen Phase eines reinen Süßwasser-Sedimentationszyklus entsprechen.

Abschließend wäre somit herauszustreichen, daß im Tauchener Zyklus alle charakteristischen Schwermineralphasen eines Sedimentationszyklus vorhanden sind. Dies wird auch von seinem Verwitterungsdiagramm (Abb. 19) vollauf bestätigt. Der Wandel der lithofaziellen Phasen verläuft jedoch anders als in einem Süßwasserbecken, wo ein Sedimentationszyklus mit einer limnischen Phase endet. Durch eine Meeresingression bedingt, endet der Tauchener Sedimentationszyklus in lithofazieller Hinsicht mit einer marinen Phase bzw. mit einer Deltaphase.

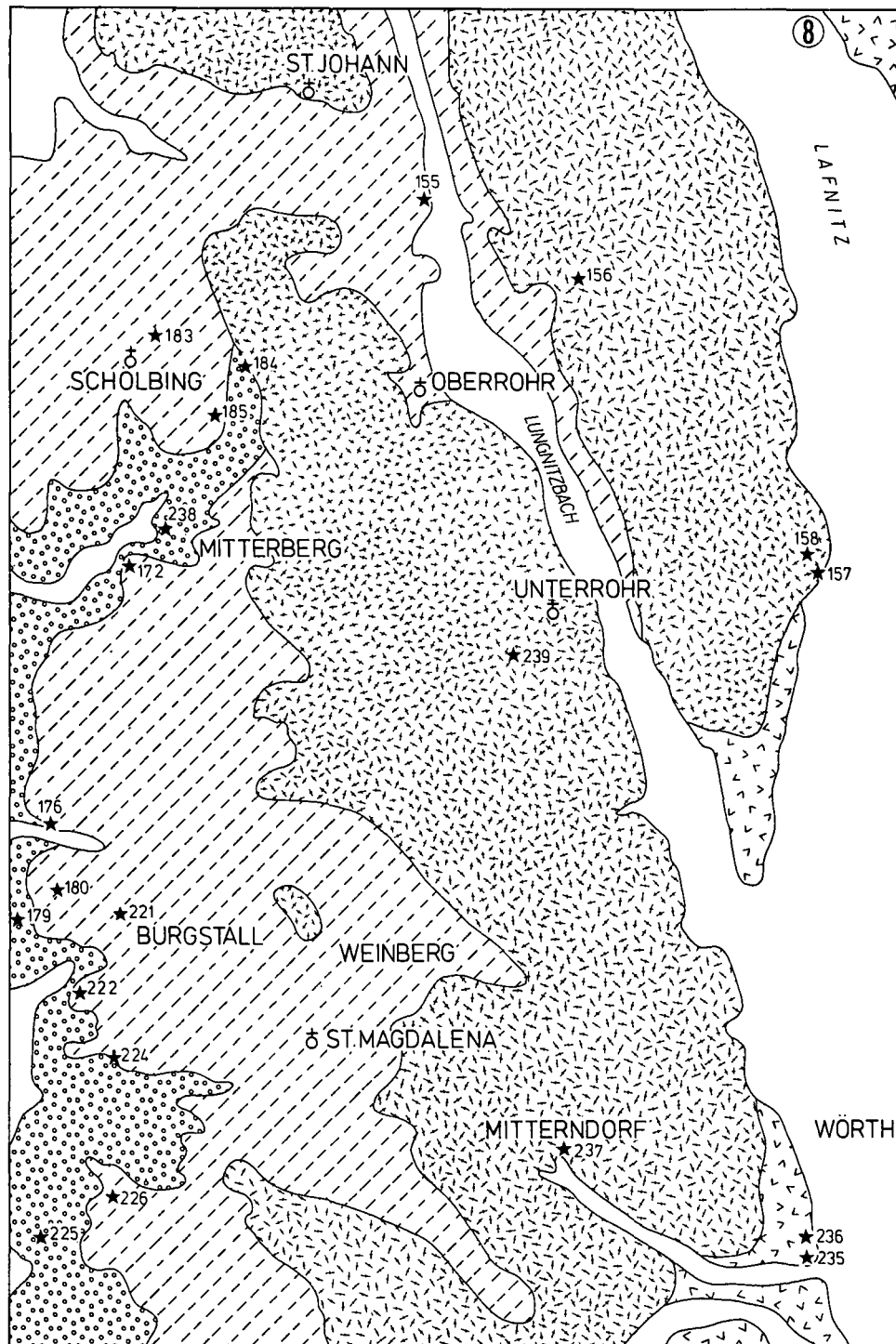


Abb. 22: Kartenblatt 8, Maßstab 1 : 50.000. Legende siehe Abb. 29 (Kartenblatt 10).

## 6. Die Ablagerungen des Sarmatien

(Kartenblätter 1, 2, 3, 4, 5, 6 und 7;  
Abb. 8, 9, 10, 20, 21)

Zwar reichen die sarmatischen Ablagerungen auch in den West- und Ostabschnitt der Friedberg-Pinkafelder Neogenbucht hinein (1, 2 und 4), doch befindet sich ihr Hauptverbreitungsgebiet im Neogenraum von Hartberg (5, 6 und 7). Dort verdanken sie ihr Zutagetreten einer Hebung des kristallinen Grundgebirges, verbunden mit einer SE-Kippung der dabei entstandenen Schollen. Die Schollen sind durch NNW-SSE verlaufende Bruchlinien begrenzt. Entlang dieser Bruchlinien haben sich

der Löffelbach und der Schildbach (7) ihr Bett eingeschnitten, wodurch etliche instruktive Aufschlüsse entstanden.

Dank ihres Fossilreichtums waren die Steinbrüche bei Hartberg (Löffelbach und Schildbach) seit dem vorigen Jahrhundert berühmt und gelten heute noch als klassische Aufschlüsse der sarmatischen Schichtfolge. Leider fielen die meisten von ihnen der Zerstörung anheim, so daß von den 18 repräsentativen Aufschlüssen, die 1951 (NEBERT, 1951) noch vorhanden waren, nur noch 2-3 erhalten geblieben sind.

Einige Fossilfundpunkte des Sarmatien mit genauer Lokationsangabe publizierten W. BRANDL (1978, 1979,

1980a und 1980b) und R. WEINHANDL (1967b und 1971). Die Lebensdauer noegerer Aufschlüsse ist bekanntlich kurz, daher kommt diesen Angaben ein besonderer dokumentarischer Wert zu.

Oben

- Zweiter Sedimentationszyklus  
 – Marinbrackische Abschlußfolge  
 – Obere fluviatile Sande

### 6.1. Ausbildung und Schichtfolge der sarmatischen Ablagerungen

Die 1951 von mir durchgeführten sedimentologisch-stratigraphischen Untersuchungen im Jungtertiär südwestlich von Hartberg (NEBERT, 1951) ergaben für die sarmatischen Ablagerungen zwei Sedimentationszyklen, die sich in lithostratigraphische Subeinheiten (Glieder) weiter unterteilen ließen. Die Gliederung sah folgendermaßen aus:

- Erster Sedimentationszyklus  
 – Marinbrackische grünlich-graue Tegel  
 – Marinbrackische Schichtfolge  
 – Untere fluviatile Sande

Unten

Die im Rahmen der kohlengeologischen Erkundung ausgeführten lithostratigraphischen Untersuchungen bestätigten die Gliederung der sarmatischen Ablagerungen für das Hartberger Neogengebiet (NEBERT, 1983e).

Tabelle 5: Schwermineralliste des 1. Sedimentationszyklus des Sarmatien (Anzahl der gezählten Körner).

PROBENNR.	TOTAL	OPAK	DURCHS.	AP	HB	GR	EP	CD	ST	DI	TI	TU	ZI	RU	GR/EP
EPIDOT-PHASE															
45 b (4)	673	459	214	-	1	8	155	11	1	-	3	29	1	5	0,05
46 b (4)	944	706	238	1	1	32	179	6	-	1	1	15	-	2	0,18
46 c (4)	647	412	235	-	2	3	171	30	-	-	1	19	3	6	0,02
47 b (4)	1778	1553	225	-	-	14	156	14	1	-	3	21	6	10	0,09
81 a (2)	361	112	249	8	31	22	166	1	-	-	4	11	3	3	0,13
81 b (2)	361	130	231	4	29	46	128	4	-	1	4	14	-	1	0,36
81 c (2)	421	163	258	5	18	54	166	-	1	-	-	12	1	1	0,33
81 d (2)	432	176	256	2	55	32	149	-	3	-	2	12	-	1	0,21
81 e (2)	446	208	238	4	28	53	135	4	-	1	2	6	2	3	0,39
81 f (2)	311	87	224	12	59	14	130	-	-	-	1	7	1	-	0,11
81 g (2)	386	157	229	3	52	40	121	-	-	-	2	9	2	-	0,33
102 (2)	306	70	236	24	10	6	178	1	-	1	2	8	3	3	0,03
103 (2)	362	132	230	1	12	17	176	1	1	-	5	4	5	8	0,10
105 (2)	247	16	231	1	43	4	164	1	1	-	7	4	-	6	0,02
110 (2)	288	25	263	7	13	41	180	-	-	-	3	9	5	5	0,23
Summe	7963	4406	3557	72	354	386	2354	73	8	4	40	180	32	54	0,16
GRANAT-EPIDOT-PHASE															
108 (2)	358	97	261	-	6	69	155	3	-	1	5	1	8	13	0,45
109 (2)	274	31	243	2	72	34	113	2	-	-	6	2	4	8	0,30
111 a (2)	286	59	227	11	19	73	107	-	-	-	6	-	1	10	0,68
111 b (2)	312	64	248	8	20	98	117	-	-	-	-	2	-	3	0,84
111 c (2)	263	22	241	8	30	56	130	-	-	-	3	8	2	4	0,43
112 a (5)	303	23	280	6	11	133	115	-	-	-	3	5	3	4	1,16
112 b (5)	245	28	217	9	19	91	95	-	-	-	1	1	-	1	0,96
120 (5)	332	72	260	10	82	29	118	1	-	-	3	8	4	5	0,25
124 (2)	260	28	232	3	11	102	106	-	-	1	3	1	1	4	0,96
126 a (2)	267	32	235	14	13	113	82	-	-	2	2	4	1	4	1,38
126 b (2)	276	23	253	5	17	105	108	1	-	-	5	4	1	7	0,97
128 (2)	350	123	227	1	-	73	149	-	-	1	-	2	-	1	0,49
187 d (7)	283	72	211	3	4	127	64	1	-	-	1	4	5	2	1,98
187 e (7)	312	89	223	4	2	159	42	1	1	-	1	7	6	-	3,79
Summe	4121	763	3358	84	306	1262	1501	9	1	5	39	49	36	66	0,84
GRANAT-PHASE															
187 a (7)	256	52	204	4	3	162	25	2	1	-	3	3	1	-	6,48
187 b (7)	333	59	274	5	2	214	42	1	3	-	-	6	-	1	5,10
187 c (7)	336	68	268	6	4	216	31	1	1	1	-	7	-	1	6,97
189 a (7)	329	63	266	1	2	200	43	1	5	-	2	2	2	8	4,65
Summe	1254	242	1012	16	11	792	141	5	10	1	5	18	3	10	5,62

### 6.1.1. Erster Sedimentationszyklus des Sarmatien

Im Raume Hartberg bilden die Unteren fluviatilen Sande das zutiefst aufgeschlossene lithostratigraphische Glied. Ihr Verbreitungsgebiet befindet sich im Bereich der Ortschaften Schildbach und Löffelbach (7), wo sie einst in mehreren Aufschlüssen freigelegt waren. Heute existieren nur noch zwei Aufschlüsse, die als Referenzprofile dienen mögen.

Aufschluß 189 (7), eine mittelgroße Sandgrube NW von Schildbach (Abb. 3), wurde bereits zur Illustrierung der Aussagekraft von Schwermineralien bei der selektiven Verwitterung (Unterkapitel 3.2.) verwendet. In ihm sind diagonalgeschichtete, grob- bis mittelkörnige, fossilere, graue Sande in einer Mächtigkeit von etwa 6 m aufgeschlossen (Abb. 2). An einigen Stellen überlagert ein Erosionsrest der nächstfolgenden Marinbrackischen Schichtfolge die fluviatilen Sande. Quartäre Terrassenbildungen (Sand und Lehm mit einzelnen Kalksteinresten) bedecken die sarmatische Schichtfolge in Aufschluß 189 (7). Die Schwermineralassoziation der Unteren fluviatilen Sande des Aufschlusses 189 wurde als Beispiel eines frischen Sedimentmaterials angeführt (Unterkapitel 3.2.), GR dominiert mit 75,2 % (Histogramm a, Abb. 2). Das GR/EP-Verhältnis beträgt 4,65 (vgl. Tabelle 5), womit die Schwermineralzusammensetzung innerhalb der GR-Phase bzw. der fluviatilen Phase eines Sedimentationszyklus zu liegen kommt. Aus dem HB/DURCHS.-Verhältnis von 0,01 wäre auf einen langen Transportweg zu schließen.

Das besterhaltene Schichtprofil der Sedimente des 1. Sedimentationszyklus ist in der Sandgrube 187 (7) aufgeschlossen (Abb. 23). Zuunterst sind die Unteren fluviatilen Sande in einer Mächtigkeit von 5–6 m freigelegt. Darüber folgt die fossilreiche Marinbrackische Schichtfolge. Die Unteren fluviatilen Sande bestehen aus einem fossilereeren Grobsand, der mit Kleinschotter wechsellagert (Abb. 24a), wobei sich auch in diesem Aufschluß der fluviatile Charakter der Sande durch eine betonte Diagonalschichtung kundtut. Zum Komplex der Unteren fluviatilen Sande gehört noch eine etwa 1 m starke Sandbank, die keine Diagonalschichtung aufweist. Sie erscheint im Hangenden der diagonalgeschichteten Sande und Schotter (Abb. 23). Dem Komplex der Unteren fluviatilen Sande wurden drei Proben für Schwermineraluntersuchungen entnommen. Die betreffenden Histogramme (a, b und c, Abb. 23) enthalten alle ein dominierendes GR-Maximum (GR = 78 %–80 %, vgl. Tabelle 5). Die übrigen Schwerminerale sind minimal vertreten. Der Anteil der opaken Körner ist gering (17 %–20 %). Das GR/EP-Verhältnis liegt zwischen 5,10 und 6,97, demnach im Bereich der GR-Phase eines Sedimentationszyklus. Das HB/DURCHS.-Verhältnis von 0,02 spricht für einen langen Transportweg.

Die sedimentologischen Merkmale der Unteren fluviatilen Sande zusammengefaßt, ergeben folgende Typisierung: Sie sind aus grob- bis feinkörnigen, fossilereeren Sanden und Kleinschottern zusammengesetzt. In

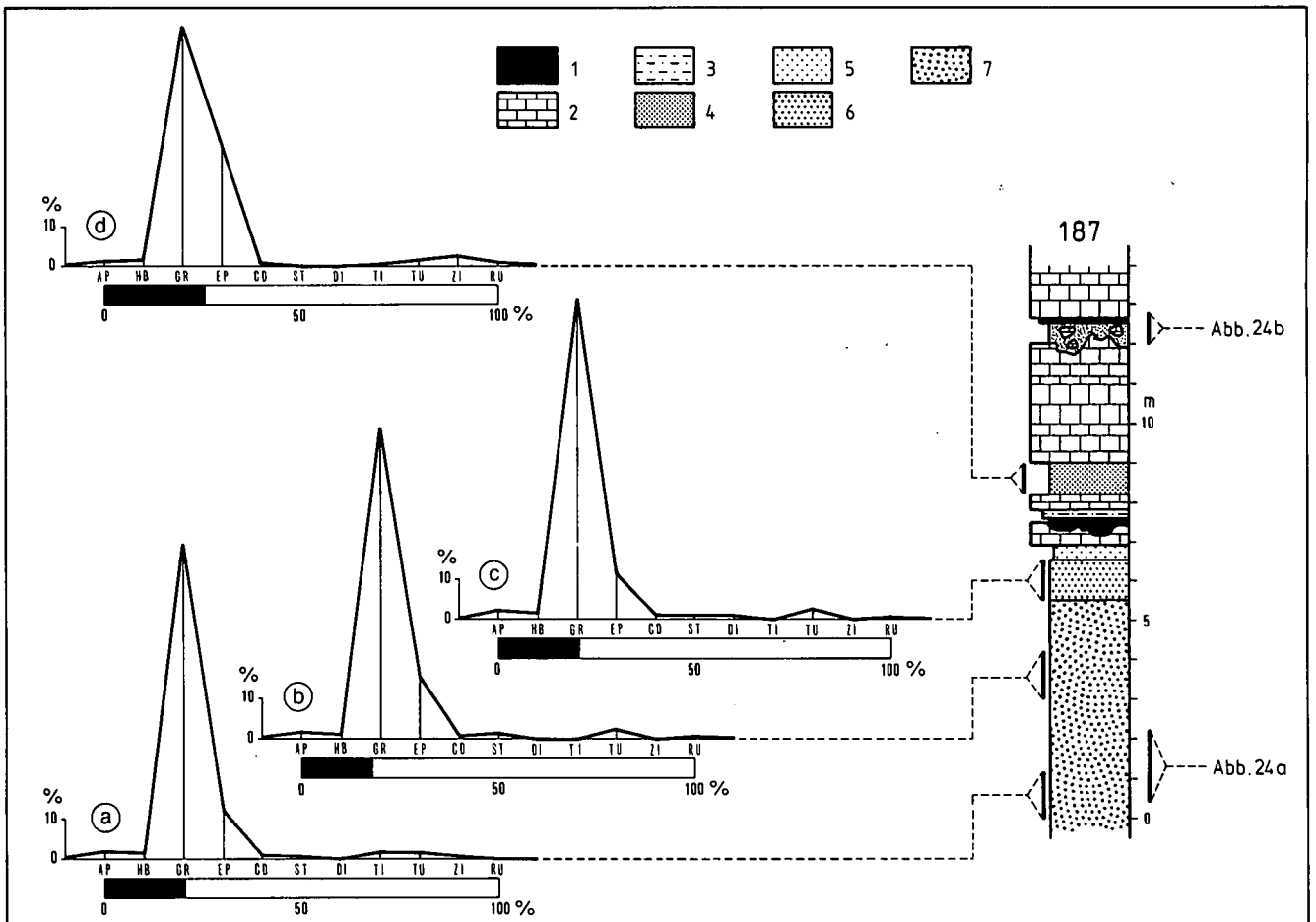


Abb. 23: Referenzaufschluß 187 (7). 1 = Laterit; 2 = oolithischer Kalkstein bzw. Sandkalkstein; 3 = Tegel; 4 = Kalksand; 5 = Cerithien-Sand; 6 = mittelkörniger, ungeschichteter Sand; 7 = diagonalgeschichteter, grob- bis mittelkörniger Sand und Kleinschotter.

allen Aufschlüssen, auch in jenen (NEBERT, 1951) die heute verfallen sind, zeigen bzw. zeigten die Sande eine betonte Diagonalschichtung (Abb. 3 und Abb. 24a), womit ihr fluviatiler Charakter dokumentiert wird. In der Schwermineralzusammensetzung besitzt GR dominierende Spitzenwerte (Tabelle 5). Aus vier Proben ergibt sich für das GR/EP-Verhältnis ein Durchschnittswert von 5,62. Dies ist ein Merkmal frischer alpinogener Sedimente, d. h. das Liefermaterial gelangte praktisch in unverwittertem Zustand in den Ablagerungsraum, was auch von dem geringen EXRE-Anteil (0,3 % – 1,8 %) und der geringen Zahl von opaken Körnern (19,3 %) unterstrichen wird. Die äußerst transportanfällige HB ist in den Schwermineralassoziationen kaum vertreten (HB/DURCHS. = 0,01). Dieser Umstand weist auf einen längeren Transportweg hin. Aus diesen Merkmalen läßt sich folgern, daß die Unteren fluviatilen Sande die fluviatile Phase bzw. die GR-Phase des 1. Sedimentationszyklus des Sarmatien darstellen.

Die Marinbrackische Schichtfolge ist das nächstfolgende lithostratigraphische Glied innerhalb des 1. Sedimentationszyklus. Ihr Fossilreichtum zog frühzeitig die Aufmerksamkeit verschiedener Geologen (K. HOFMANN, 1877; V. HILBER, 1894; W. BRANDL, 1931) auf sich und in der Folge wurden ihre Steinbrüche und Sandgruben klassische Fundorte sarmatischer Fossilien. Früher gab es bei Löffelbach und Schildbach eine größere Anzahl von Steinbrüchen (NEBERT, 1951). Davon ist heute nur noch die bereits angeführte Sandgrube 187 (7) südlich von Löffelbach erhalten. Sie zeigt in instruktiver Weise nahezu die gesamte Schichtfolge des 1. Sedimentationszyklus des Sarmatien (Abb. 23). Sie müßte unter Naturschutz gestellt werden, um sie nachfolgenden Geologen zu erhalten.

In der betreffenden Sandgrube 187 (7) folgen über der ungeschichteten Sandbank der Unteren fluviatilen Sande die Cerithien-Sande – eine küstennahe Ablagerung, die äußerst fossilreich ist. Cerithien, wie beispielsweise *Pirenella disjuncta* (SOWERBY), *P. picta* DEFRANCE, *Billium hartbergense* HILBER, kommen massenhaft vor. Eine vollständige Fossilliste dieser Sande ist in meiner 1951 erschienenen Arbeit (S. 10) enthalten. Die Sande sind rostbraun gefärbt. In vertikaler Richtung folgt ein Kalkstein-Glied (in meiner Arbeit von 1951 als „Kalkstein-Horizont“ bezeichnet), das aus unterschiedlich starken Kalkstein-, Kalksandstein- und Kalkmergelbänken besteht und desgleichen reich an Makrofossilien ist (NEBERT, 1951, S. 10). Der Kalkstein ist in der Regel oolithisch ausgebildet. Folgende Foraminiferen stammen aus Proben der Marinbrackischen Schichtfolge (Bestimmung M. E. SCHMID): *Elphidium flexuosum grilli* PAPP, *Elph. antoninum* (ORB.), *Ammonia beccari* (L.), *Nonion granosum* (ORB.). An Ostrakoden wurden bestimmt (M. E. SCHMID): *Aurila notata* (REUSS), *Aurila mehesi* (ZALANY), *Hemicytheria omphalodes omphalodes* (REUSS) und *Bythocypris pappi* CERNAJSEK. Die aufgesammelten Makrofossilien (Bestimmung F. STOJASPAL) sind typisch für die sogenannten Mactra-Schichten des Sarmatien: *Modiolus incrassatus* (d'ORBIGNY), *Irus gregarius ponderosus* (d'ORBIGNY), *Calliostoma podolicoformis* KOLESNIKOV und *Pirenella disjuncta* (SOWERBY).

In Aufschluß 187 (7) beginnt das Kalkstein-Glied mit einer ca. 30 cm starken Kalksteinbank, auf deren Top-Fläche typische Karstkarren zu sehen sind (Abb. 23). Die Karrenvertiefungen sind mit einem intensiv rostbraun gefärbten Laterit gefüllt und enthalten unregelmä-

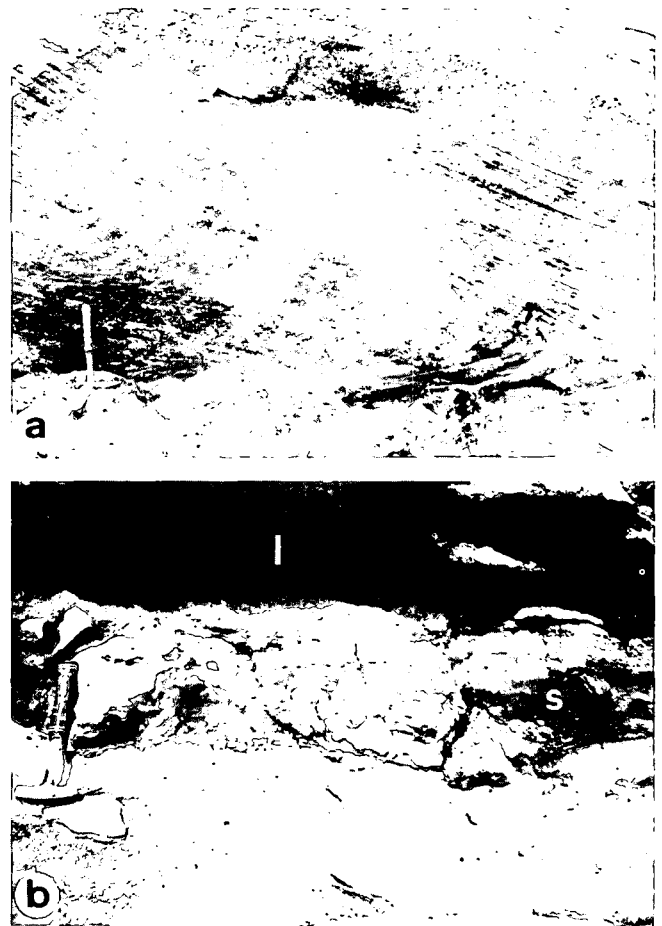


Abb. 24: Foto a: diagonalgeschichteter Grobsand und Kleinschotter der Unteren fluviatilen Sande in Aufschluß 187 (7). Foto b: Karstauhöhlungen mit lateritischer Sandlage (s) und Lateritlage (l) im oberen Abschnitt des Kalkstein-Gliedes der Marin-brackischen Schichtfolge; unregelmäßige Kalksteinreste sind in den beiden Lagen zu sehen. Stratigraphische Position der beiden Fotos siehe Abb. 20 (Hammerlänge 32 cm).

Big geformte Kalksteinreste. Die Lateritlage besitzt eine Durchschnittsstärke von 20 cm. Nach einer 20 cm dicken Tegellage folgt neuerlich Kalkstein, der durch Quarz- und Kalksande in verschiedenstarke Bänke unterteilt ist. Die Top-Fläche der 2–3 m starken oberen Kalksteinbank präsentiert abermals Karrenaushöhlungen (Abb. 24b), die mit einem lateritischen Sand (s) ausgefüllt sind. Über dem Sand liegt eine 10 cm starke Lateritschicht (l). Sowohl im lateritischen Sand als auch im Laterit sind unregelmäßige Kalksteinreste aller Größen zu sehen. In der Regel schließt ein grünlich-grauer Tegel die Marinbrackische Schichtfolge ab. In Aufschluß 187 jedoch fehlt er.

Gegen Norden nimmt die Anzahl und die Mächtigkeit der Kalksteinbänke ab. An deren Stelle ist eine fossilreiche Sandfazies (Cerithien-Sande) entwickelt. Die kleine Sandgrube 112 (5), ca. 500 m N Grafendorf, liefert uns hierfür ein Beispiel. Im unteren Abschnitt des Aufschlusses erscheinen graue, glimmerreiche, gut geschichtete Grobsande mit diffus verstreuten, erbsen- bis haselnußgroßen Quarzgeröllen. Parallel zur Schichtung treten innerhalb der Sande cm-starke Lagen mit Makrofossilien, wie *Calliostoma podolicoformis* (KOLESNIKOV) (Bestimmung F. STOJASPAL) auf. Im Hangenteil des Aufschlusses 112 erscheinen zwei 30 cm starke Kalksandsteinlagen, die desgleichen fossilführend sind. An Mikrofossilien wurden nachgewiesen (Bestimmung

M. E. SCHMID): *Nonion granosum* (ORB.), *Ammonium beccarii* (L.) und cf. *Miocyprideis janoscheki* KOLLMANN.

Im vorliegenden Bericht werden die „marin-brackischen Tegel“ meiner Gliederung von 1951 nicht als eine gesonderte lithostratigraphische Subeinheit behandelt, sondern der Marinbrackischen Schichtfolge zugeordnet.

Die Einordnung der Marinbrackischen Schichtfolge in das Phasenschema eines Sedimentationszyklus ergab sich aus der Schwermineralanalyse (Tabelle 5). 14 Sedimentproben des unteren Abschnitts dieser Schichtfolge enthielten eine Schwermineralassoziation, in welcher der Hauptanteil gemeinsam von GR und EP gebildet wird. Das arithmetische Mittel dieser 14 Analysen lieferte eine Standardzusammensetzung, welche die GR-EP-Phase belegt: GR = 37,6%, EP = 44,7%, GR/EP = 0,84. Der EXRE-Gehalt ist leicht angestiegen (1,1 %–2,0 %). Mit dieser Schwermineralzusammensetzung läßt sich eine ältere brackische Phase des 1. Sedimentationszyklus des Sarmatien definieren. In einigen Proben (z. B. 111, 120) liegen die HB/DURCHS.-Werte über 0,10, womit ein kurzer Transportweg angezeigt wird. Das Material der restlichen Proben hat einen langen bis mittellangen Transportweg zurückgelegt.

Die Sedimente der EP-Phase bzw. der jüngeren brackischen Phase der Marinbrackischen Schichtfolge treten im Raume der Friedberg-Pinkfelder Bucht auf. Dort besitzen sie einen transgressiven Charakter, der sich in ihrer lithologischen und stratigraphischen Ausbildung äußert. In lithologischer Hinsicht wird das Korn der Sedimente zusehends gröber (Grob-sand, Schotter), in stratigraphischer Hinsicht greifen die sarmatischen Sedimente auch auf den kristallinen Grundgebirgsrahmen über (NEBERT, GEUTEBRÜCK & TRAUSSNIGG, 1980).

Das arithmetische Mittel von 15 Probenanalysen (s. Tabelle 5) ergab für die EP-Phase bzw. für die jüngere brackische Phase der Marinbrackischen Schichtfolge folgende Standardzusammensetzung ihrer Schwermineralassoziation: EP = 66,2 %, GR = 10,8 %, GR/EP = 0,16. Der EXRE-Gehalt ist erhöht (TU+Zl+RU = 7,5 %), desgleichen der OPAK-Anteil (55,3 %). Das HB/DURCHS.-Verhältnis beträgt 0,10 und spricht für einen kürzeren Transportweg, was mit dem transgressiven Charakter dieser Sedimente zusammenhängen mag. Deutlich wird dieser Zusammenhang bei den 7 Proben, welche dem Aufschluß 81 (2) entnommen wurden. Im selbigen ist eine sich wiederholende Wechsellagerung (vermutlich rhythmische Sedimentation) von Schotter-Sand-Ton freigelegt. In allen Proben (s. Tabelle 5) ist der HB-Anteil merklich erhöht, wodurch das HB/DURCHS.-Verhältnis stets größer als 0,10 ist (z. B. Probe 81d: 0,21; Probe 81f: 0,26). Der Transportweg dürfte äußerst kurz gewesen sein.

Zusammenfassend läßt sich die Marinbrackische Schichtfolge lithologisch wie folgt typisieren: Sie besteht aus fossilreichen Sandlagen und Kalksteinbänken. Letztere werden nordwärts, im Raume der Friedberg-Pinkfelder Bucht, von Sanden und Schottern abgelöst. Wenngleich vorhanden, zeigt dort das Kalkstein-Glied reduzierte Mächtigkeiten. Eine Bedeutung kommt den Lateritlagen, die den Kalksteinbänken zwischengeschaltet sind, zu. Sie markieren kurze Trockenlegungsphasen und Sedimentationsunterbrechungen (Hiatus), während denen der entblößte Kalk-

stein einer Erosion verbunden mit Lateritbildung ausgesetzt war.

### 6.1.2. Zweiter Sedimentationszyklus des Sarmatien

Das Verbreitungsgebiet der Ablagerungen des 2. Sedimentationszyklus befindet sich im Hartberger Neogenraum und reicht südwärts bis zur Ortschaft Unterdombach (7). Da die erwähnten tektonischen Schollen eine SE-Kippung erlitten, tauchen am Schollenwestrand jeweils die älteren neogenen Sedimentfolgen auf, während entlang des Schollenostrandes die jüngeren Schichtfolgen zu finden sind. Dies erklärt die Asymmetrie jener Scholle, die im Westen vom Schildbach und Dombach, und im Osten vom Hartberger Safenbach begrenzt wird. Sarmatische Ablagerungen (Marinbrackische Schichtfolge des 1. Sedimentationszyklus und Sedimente des 2. Sedimentationszyklus) umsäumen ihren Westrand (7). Demgegenüber fehlen ihrem Oststrand sarmatische Ablagerungen, denn dort erscheinen die Tegel des Unterpannonien.

Der 2. Sedimentationszyklus des Sarmatien beginnt mit den Oberen fluviatilen Sanden (NEBERT, 1951). Ihr lithologischer Charakter gleicht jenem der Unteren fluviatilen Sande: betont diagonalgeschichtete Quarzsande von mittlerer bis grober Körnung. Kleinschotterlagen und -schnüre nehmen an der Diagonalschichtung teil.

Über den Oberen fluviatilen Sanden folgt die Marinbrackische Abschlußfolge. Sie besteht aus parallel geschichteten feinkörnigen Sanden oder aus Tegeln. Die Abschlußfolge ist in der Regel sehr fossilreich.

Die Schichten des 2. Sedimentationszyklus sind an etlichen Stellen gut aufgeschlossen. Die mittelgroße Sandgrube 168 (7) präsentiert instruktiv die lithostratigraphischen Verhältnisse des 2. Sedimentationszyklus. Aus diesem Grund wurde sie als Referenzaufschluß gewählt (Abb. 25).

Im unteren Abschnitt des Aufschlusses 168 (7) sind die Oberen fluviatilen Sande freigelegt: diagonalgeschichtete, fein- bis mittelkörnige, gelblich-graue, fossil-leere Sande. Die Schwermineralanalyse dieser Sande lieferte ein Histogramm (a, Abb. 25), das von GR (76,1 %) beherrscht wird. Das GR/EP-Verhältnis beträgt 5,67 und liegt im Schema eines Sedimentationszyklus somit in der GR-Phase. Der opake Anteil ist mit 14,5 % gering. Die Diagonalschichtung beweist den fluviatilen Charakter der Sande. Die Oberen fluviatilen Sande wurden infolgedessen während der GR-Phase bzw. während einer typisch fluviatilen Phase des 2. Sedimentationszyklus als frisches, d. h. unverwittertes Liefermaterial abgelagert. Da der HB-Anteil minimal ist, muß mit einem längeren Transportweg gerechnet werden.

Die Marinbrackische Abschlußfolge ist im Aufschluß 168 (7) durch eine ca. 1 m starke, parallelgeschichtete Sandbank vertreten. Die Schichten fallen mit 10° nach SE ein. Die Bank ist lagenweise reich an Makrofossilien (Abb. 26a), die aber derart mürbe sind, daß sie beim Herauslösen zerfallen. An Mikrofossilien wurden bestimmt: *Elphidium* cf. *reginum* (ORB.), *Elph. flexuosum grilli* PAPP, *Nonion granosum* (ORB.), *Ammonia beccarii* (L.), *Aurila notata* (REUSS) und *Cyprideis pannonica* (MEHES) (Bestimmung M. E. SCHMID).

Der marinbrackischen Sandbank wurden für die Schwermineralanalyse zwei Proben (b und c, Abb. 25) entnommen. In der Zusammensetzung des Schwermi-

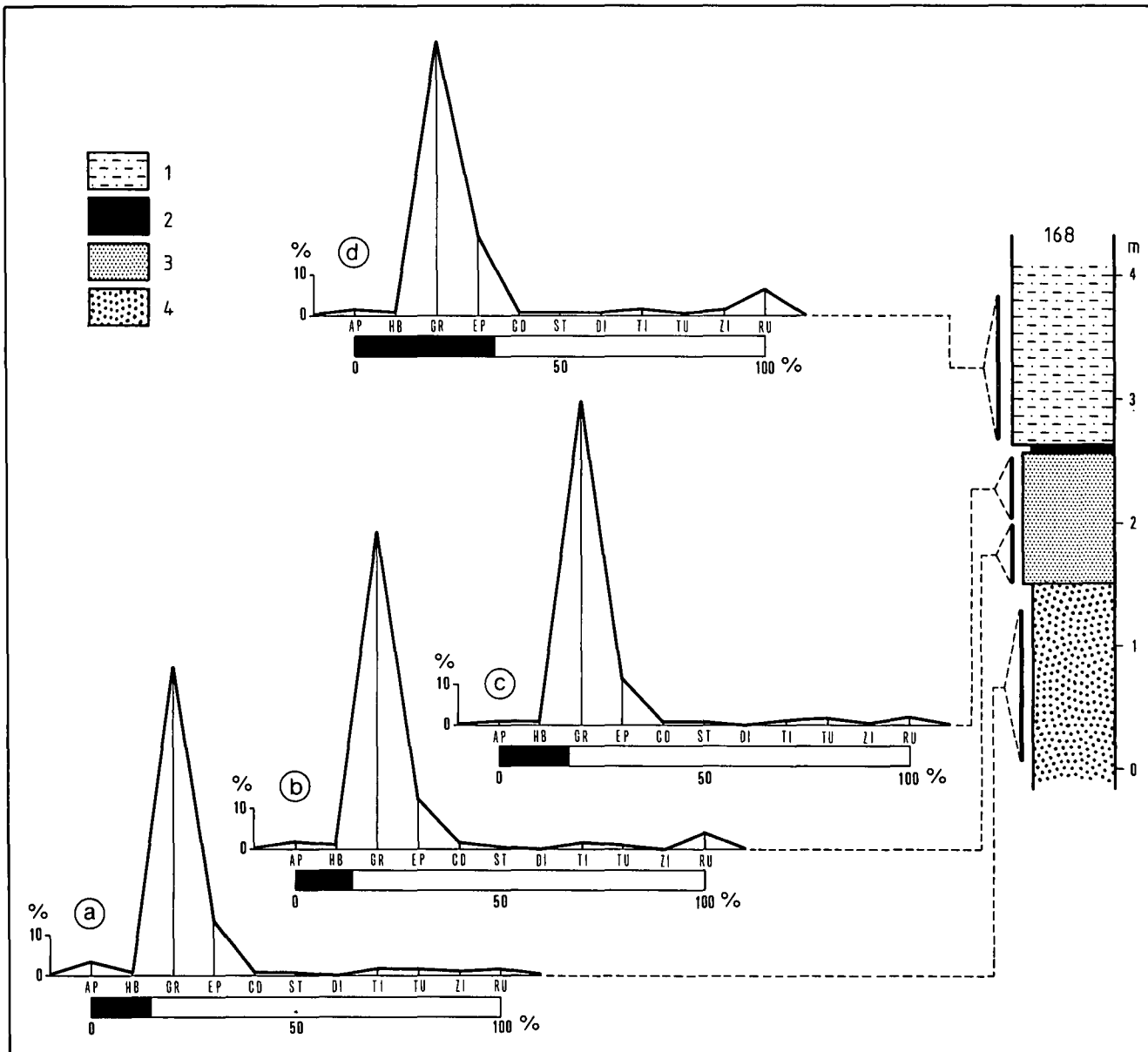


Abb. 25: Referenzaufschluß 168 (7); 1 = Tegel (Unterpannonien); 2 = Toneisenstein-(Limonit-)Schicht; 3 = Sand, hellgrau, feins bis mittelkörnig, geschichtet (Obere fluviatile Sande); 4 = Sand, gelblich-grau, mittel- bis grobkörnig, diagonalgeschichtet (Obere fluviatile Sande).

neralspektrums dominiert noch immer GR mit Anteilen von 78,5 % und 79,9 %. Das GR/EP-Verhältnis beträgt 6,63 bzw. 6,69 und ist typisch für die GR-Phase eines Sedimentationszyklus. Dies würde bedeuten, daß sich die GR-Phase des 2. Sedimentationszyklus auch auf die Marinbrackische Abschlußfolge erstreckt. Mit anderen Worten: In den marinbrackischen Sedimentationsraum, der den fluviatilen Ablagerungsbereich ablöste, gelangte desgleichen frisches, unverwittertes, alpinogenes Liefermaterial zur Ablagerung.

Über den Sanden der Marinbrackischen Abschlußfolge liegt eine 5–10 cm starke Toneisen- (Limonit-) Schicht (s. Abb. 25), die ein Paläorelief markiert, denn die Toneisen-Lage entstand während einer Trockenlegungsphase. Mit einer Winkeldiskordanz von ca. 10° folgen sodann die horizontal gelagerten, blaugrauen, fossilführenden Tegel des Unterpannonien (Abb. 25 und P in Abb. 26b).

Ähnliche, wenn auch nicht identische Lagerungsverhältnisse finden wir in den Aufschlüssen 167 (7) und 244 (7).

Aus vier Aufschlüssen wurden den Sanden des 2. Sedimentationszyklus 7 Proben entnommen (s. Tabelle 6). Das arithmetische Mittel ihrer Analysenwerte ergab eine Assoziation, die typisch für die GR-Phase ist: GR erreicht einen Spitzenwert von 76,5 %, EP ist mit 11,9 % schwach vertreten, und der Anteil der übrigen Schwerminerale ist minimal. Der Gehalt der opaken Körner ist mit 13,2 % gering. Es ist dies eine Schwermineralzusammensetzung, die kennzeichnend für frische alpinogene Sedimente ist. Mit 0,02 weist das HB/DURCHS.-Verhältnis auf einen langen Transportweg hin.

Zur lithologischen Charakterisierung des 2. Sedimentationszyklus des Sarmatien sollte zunächst seine durchgehend klastische Ausbildung erwähnt werden. Der Zyklus beginnt mit fossilereeren Grobsanden und Kleinschottern, deren fluviatiler Charakter durch eine ausgeprägte Diagonalschichtung dokumentiert wird. Auf Grund ihres Schwermineralgehaltes (dominierender GR-Gehalt) würden sie der GR-Phase bzw. der fluviatilen Phase eines Sedimentationszyklus angehören. In



Tabelle 6: Schwermineralliste des 2. Sedimentationszyklus des Sarmatien (Anzahl der gezählten Körner).

PROBENR.	TOTAL	OPAK	DURCHS.	AP	HB	GR	EP	CD	ST	DI	TI	TU	ZI	RU	GR:EP
GRANAT-PHASE															
167a (7)	295	30	265	8	2	204	33	1	-	-	2	6	-	9	6,18
168a (7)	836	121	715	28	3	544	96	4	3	-	12	12	4	9	5,67
168b (7)	313	43	270	4	1	212	32	3	1	-	4	2	-	11	6,63
168c (7)	352	59	293	2	2	234	35	2	1	-	3	5	2	7	6,69
188 (7)	322	43	279	4	12	214	26	-	4	-	6	6	2	5	8,23
244 (a)	267	25	242	6	20	174	26	1	2	-	1	8	2	2	6,69
244 (b)	266	29	237	5	5	179	26	1	1	1	1	15	-	3	6,88
Summe	2651	350	2301	57	45	1761	274	12	12	1	29	54	10	46	6,43

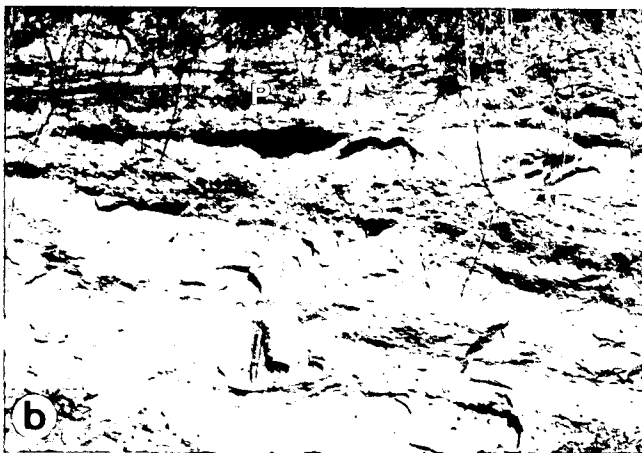
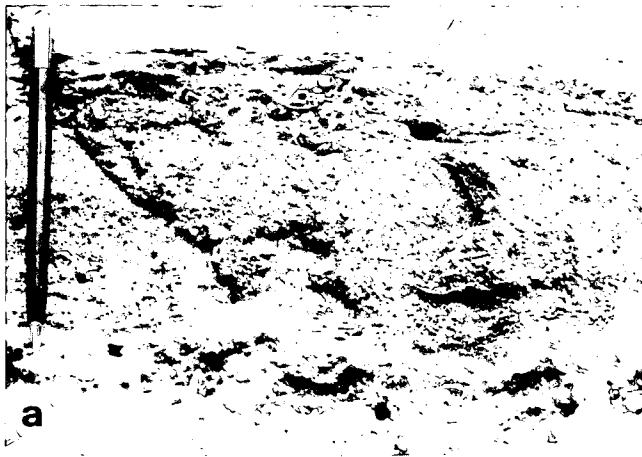


Abb. 26: Referenzaufschluß 168 (7). Foto a: Fossilagen im Sand der Marinbrackischen Abschlußfolge (Drehstiftlänge = 13 cm). Foto b: Teilansicht des Aufschlusses 168 (7); die Winkeldiskordanz (ca. 10°) zwischen der sarmatischen Schichtfolge (S) und den horizontalgelagerten Tegeln des Unterpannonien (P) ist deutlich zu erkennen (Hammerlänge 32 cm).

vertikaler Richtung folgen grob- bis feinkörnige Sande, gelegentlich mit Tegellagen wechsellagernd. Dieser Abschnitt (Marinbrackische Abschlußfolge) unterscheidet sich aber grundlegend von den unterlagernden fluviatilen Sanden, denn erstens zeigen Sand und Tegel eine Parallelschichtung (also keine Diagonalschichtung), und zweitens sind sie in der Regel sehr fossilreich. Ihr Schwermineralspektrum wird von GR beherrscht, wodurch sie desgleichen der GR-Phase zuzuordnen sind. Eine nachfolgende GR-EP-Phase sowie eine EP-Phase ließ sich mit Hilfe von Sedimentproben nicht belegen.

Daraus wäre zu folgern, daß im Neogenraum von Hartberg der 2. Sedimentationszyklus mit der GR-Phase unterbrochen bzw. abgeschlossen wurde, oder aber, die Sedimente der GR-EP-Phase und jene der EP-Phase wurden während einer nachfolgenden Trockenlegungsphase abgetragen. Für die zweite Deutung spricht die Winkeldiskordanz sowie die Toneisen- (Limonit-) Lage zwischen sarmatischen und unterpannonischen Sedimenten (Aufschluß 168).

## 6.2. Abgrenzung, Lagerungsverhältnisse und Mächtigkeit der sarmatischen Ablagerungen

Nach einem Aufschluß nördlich Grafendorf (2) zu urteilen, wo Sarmatkalke (1. Sedimentationszyklus) direkt über kristallinem Grundgebirge liegen, dürften die Sedimente des 1. Sedimentationszyklus im Neogengebiet von Hartberg desgleichen unmittelbar auf kristallinem Grundgebirge ruhen. Diese Annahme wird noch von Beobachtungen aus dem Tauchener Raum gestützt, wo das Obersarmat transgressiv über das kristalline Grundgebirge greift (NEBERT, GEUTEBRÜCK & TRAUSSNIGG).

In der Friedberg-Pinkfelder Bucht (2, 3 und 4) liegen die Ablagerungen des Sarmatien unmittelbar über jenen des Badenien (Tauchen-Formation). Da dort sowohl das Sarmatien als auch das Badenien durch fossilere Sande vertreten ist, läßt sich auf der geologischen Karte eine genaue Grenzziehung zwischen beiden stratigraphischen Einheiten nicht durchführen. Dies sollte entsprechend berücksichtigt werden.

Überlagert werden die Sedimente des Sarmatien von blau-grauen, fossilführenden Tegeln des Unterpannonien (z. B. Aufschluß 168, Abb. 25). Dabei muß im Neogengebiet von Hartberg eine Sedimentationsunterbrechung (Schichtlücke bzw. Hiatus) zwischen den sarmatischen und den unterpannonischen Ablagerungen angenommen werden. Denn erstens deutet die zwischen den Sedimenten des Sarmatien und jenen des Unterpannonien ausgebildete Toneisen-(Limonit-)Lage auf ein Paläorelief bzw. auf eine Trockenlegungsphase hin. Und zweitens ist in Aufschluß 168 (7) eine deutliche Winkeldiskordanz von ca. 10° zwischen den Schichten des Sarmatien und jenen des Unterpannonien zu sehen (Abb. 26 b). Vor der Ablagerung der unterpannonischen Schichten wurde die sarmatische Schichtfolge gekippt, was wahrscheinlich mit einer Sedimentationsunterbrechung verbunden war.

In Verbindung mit der bereits erwähnten Bruchtektonik erlitten die sarmatischen Sedimente eine leichte Kippung, wodurch ihre Schichten ein flaches Einfallen erhielten. Die Einfallrichtung ist nicht einheitlich ausgebildet, sie hängt jeweils von der Kippungsrichtung der betreffenden Scholle ab.

Mächtigkeitsangaben der einzelnen Sedimentationszyklen des Sarmatien sind kaum möglich, da hierzu ein kontinuierliches Ausbeißern der Schichten fehlt. Die Mächtigkeit eines Zyklus könnte 20–40 m erreichen. Die Gesamtmächtigkeit des Sarmatien dürfte im Neogenraum schätzungsweise 100 m nicht überschreiten.

### 6.3. Stratigraphische Stellung und Korrelation der sarmatischen Ablagerungen im Hartberger Neogenraum

Die sarmatischen Schichten bei Hartberg enthalten örtlich massenhaft Fossilien. Es ist dies eine individuenreiche aber artenarme fossile Fauna. Dies gilt sowohl für die Makro- als auch für die Mikrofauna.

Bereits 1951 hatte ich versucht, mit Hilfe dieser fossilen Fauna eine genauere stratigraphische Einstufung der sarmatischen Ablagerungen bei Hartberg vorzunehmen und dieselben mit anderen Sedimentationsräumen zu korrelieren. Die Ergebnisse der damaligen Diskussion haben auch heute ihre Gültigkeit, so daß sie an dieser Stelle nur kurz gestreift werden. Dabei fungieren die Arbeiten von A. PAPP, N. P. PARAMONOVA & F. MARINESCU (1974) und F. RÖGL & F. F. STEININGER (1983) als Vergleichsgrundlage. In ihnen werden die Beziehungen zwischen Sarmat s. str. und Sarmat s. lato in der Paratethys bzw. die stratigraphischen Beziehungen zwischen der zentralen Paratethys (Pannonischer Raum, Inneralpines Wiener Becken) und der östlichen Paratethys (Dazisches Becken und Euxinisches Becken) einer Klärung zugeführt.

Legen wir der Einstufung die vorhin erwähnte, jetzt allgemein gültige bio- bzw. chronostratigraphische Einteilung des Sarmatien der zentralen Paratethys zugrunde, so würde uns bei Hartberg ein Jüngeres Sarmatien entgegentreten. Die von F. STOJASPAL bestimmten Makroformen, wie *Modiolus incrassata* (d'ORB.), *Irus gregarius ponderosus* (d'ORB.), *Calliostoma podoliformis* KOLESNIKOV und *Pirenella disjuncta* (SOWERBY), sind für die Mactra-Schichten des Jüngeren Sarmatien leitend. Die auf Mikrofossilien untersuchten Sedimentproben (Bestimmung M. E. SCHMID) enthielten an Foraminiferen stets *Nonion granosum* (d'ORB.) und *Ammonia beccari* (L.), und an Ostrakoden *Aurila notata* (REUSS), *Hemicytheria omphalodes omphalodes* (REUSS) und *Bythocypris pappi* CERNAJSEK, womit die Protelphidium-subgranosum-Zone (ehemals: Nonion-granosum-Zone) belegt werden konnte. Damit stuft sowohl die Makro- als auch die Mikrofauna die sarmatischen Ablagerungen von Hartberg ins Jüngere Sarmatien ein. Zum gleichen Ergebnis gelangten meine paläontologischen Untersuchungen von 1951, nur benutzte ich die damals gebräuchliche Bezeichnung „Obersarmat“.

### 6.4. Kohlengeologische Bemerkungen

Wahrscheinlich existierten im Raum Hartberg während des Jüngeren Sarmatien in küstennahen Abschnitten geeignete Bildungsräume für Kohle. Da jedoch

eine telmatische Phase innerhalb der beiden sarmatischen Sedimentationszyklen fehlt, muß angenommen werden, daß keine günstigen Bildungsbedingungen für Kohle vorhanden waren. Das Klima war während des Sarmatien trocken-warm. Als charakteristische Vegetationsformen traten Savannen und Buschsteppen auf (W. BERGER, 1955; E. PLANDEROVA, 1974; V. SITAR, 1974). Ein üppiger Pflanzenwuchs, der die organische Substanz für die Bildung von Kohle geliefert hätte, war somit nicht gegeben.

Aus dieser kurzen Darlegung geht hervor, daß im Neogengebiet von Hartberg Kohlevorkommen innerhalb der Ablagerungen des Sarmatien kaum zu erwarten sind.

### 6.5. Schlußbetrachtungen über die Ablagerungen des Sarmatien

Das Sarmatien des Hartberger Neogenraumes besteht aus fluviatilen Sanden und aus küstennahen marinbrackischen Sedimenten (fossilführende Sande und Kalkstein), deren zyklische Gliederung durch Vertikalhebungen des Grundgebirgsrahmens hervorgerufen wurde. Der fluviatile Charakter der Sedimente geht aus der Diagonalschichtung, der Fossilreichtum und der Schwermineralassoziation hervor. Der litorale, marinbrackische Charakter ergibt sich aus der individuenreichen fossilen Fauna sowie aus der oolithischen Struktur mancher Kalksteine. Oolithbildung setzt küstennahes Seichtwasser und Verdunstung voraus.

Bei meinen lithogenetischen und paläogeographischen Betrachtungen hatte ich bereits 1951 angenommen, daß zur Zeit des Sarmatien bestimmte Teile des Neogengebietes von Hartberg zum Ablagerungsbereich eines breiten Stromes gehörten. Die während des Sarmatien auftretenden Vertikalbewegungen hatten Küstenschwankungen zur Folge. Eine positive Bewegung verursachte eine Regression des Sarmat-Meeres verbunden mit einer Südverschiebung des Mündungsgebietes des Stromes: Ablagerung der fluviatilen Sande. Umgekehrt fand während einer negativen Bewegung eine Ingression des Meeres statt: Ablagerung der marinbrackischen Folgen. Auf diese Art entstanden die

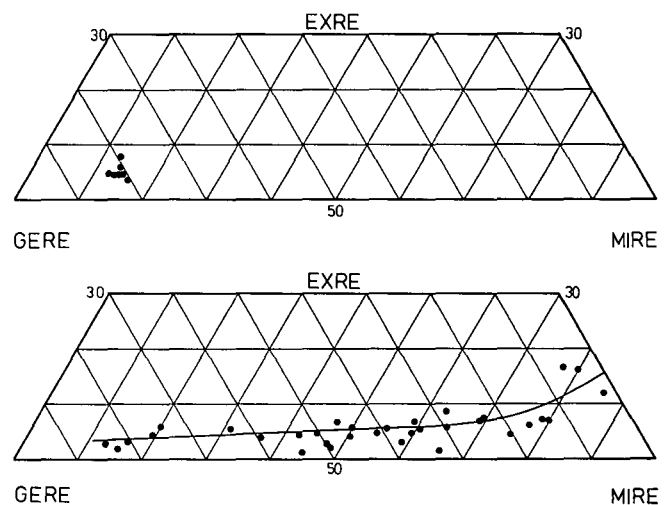


Abb. 27: Unteres Diagramm: Schwermineralanalysenwerte von 33 Sedimentproben des 1. Sedimentationszyklus des Sarmatien. Oberes Diagramm: Schwermineralanalysenwerte von 7 Sedimentproben des 2. Sedimentationszyklus des Sarmatien. Erläuterung im Text.

beiden Megazyklen des Sarmatien, der 1. und der 2. Sedimentationszyklus. Der 1. Sedimentationszyklus ist komplett (Abb. 27, unteres Diagramm), wie dies aus den Ergebnissen der Schwermineralanalyse hervorgeht. Die GR-Phase läuft konform zur fluviatilen Phase (Untere fluviatile Sande). Der GR-EP-Phase und der EP-Phase entspricht eine brackische Phase, während der die Marinbrackische Schichtfolge abgelagert wurde.

Innerhalb des 1. Sedimentationszyklus bzw. Megazyklus fanden Oszillationen statt, die eine kurzfristige Trockenlegung bestimmter Küstenbereiche und Karrenbildung auf verfestigten Kalksteinbänken verursachten. Lateritboden füllte die Karrenvertiefungen aus und bedeckte die Oberfläche der verkarsteten Kalksteinbänke.

Der 2. Sedimentationszyklus beginnt desgleichen mit Sedimenten einer fluviatilen Phase (Obere fluviatile Sande), die einer GR-Phase entspricht (Abb. 27, oberes Diagramm). Eine GR-EP-Phase und eine EP-Phase konnten für den 2. Zyklus nicht nachgewiesen werden, sei es daß deren Sedimente nicht zur Ablagerung gelangten, oder daß sie während einer späteren Trockenlegungsphase der Erosion zum Opfer fielen. Letzteres ist wahrscheinlicher.

Es ist anzunehmen, daß im Hartberger Raum die vertikalen Bewegungen bereits vor der Ablagerung der Unteren fluviatilen Sande (also der ältesten zutage tretenden Sarmat-Schichten) begonnen hatten, daß somit die Unteren fluviatilen Sande keineswegs den Beginn dieser vertikalen Bewegung markieren, sondern viel eher einer Endphase angehören.

## 7. Die Ablagerungen des Pannonien

Die neuentworfene bio- bzw. chronostratigraphische Neogengliederung der zentralen Paratethis unterscheidet für das Obermiozän ein Pannonien und ein Pontien (PAPP, 1969; PAPP, STEININGER & RÖGL, 1971; STEININGER, 1977; STEININGER, RÖGL & MARTINI, 1976). Dem Pannonien werden die früheren Zonen A, B, C, D und E (PAPP, 1951) zugeordnet. Das Pontien erhielt die Zonen F, G und H. Diese neue biostratigraphische Gliederung wird auch in vorliegender Arbeit übernommen. Die Zuordnung der lithostratigraphischen Glieder in das biostratigraphische Schema erfolgt auf Grund von Mikro- und Makrofossilien.

In lithostratigraphischer, lithofazieller und sedimentologischer Hinsicht ließen sich innerhalb der Ablagerungen des Pannonien zwei Sedimentationszyklen abgrenzen:

- Sedimentationszyklus des Mittelpannonien  
= Zone C + D
- Sedimentationszyklus des Unterpannonien  
= Zone A + B.

### 7.1. Sedimentationszyklus des Unterpannonien (Kartenblätter 5, 6, 7, 9 und 10; Abb. 20, 21, 28 und 29)

Im Nordabschnitt des Neogengebietes von Hartberg folgen die Ablagerungen des Unterpannonien dem kristallinen Grundgebirgsrahmen (5 und 6). Doch sind sie dort lediglich in schmalen Streifen freigelegt, denn gewöhnlich werden sie entweder von den Geröllen des Kapfensteiner Schotters oder vom quartären Block-

schutt überdeckt. Diese Überdeckung ist lückenhaft und ihre Mächtigkeit bewegt sich zwischen 0,5 und 3,0 m.

Im Südabschnitt des Hartberger Neogengebietes (7) sind die Schichten des Unterpannonien besser freigelegt. Sie folgen dort den Flanken der tektonischen Schollen bzw. den Talflanken der Hauptentwässerungsadern (Hartberger Safenbach, Schildbach, Löffelbach und Pöllauer Safenbach).

Unterpannonische Sedimente fehlen in der eigentlichen Pöllauer Bucht. Vor dem Eingang zur Bucht beißen sie als schmale Streifen entlang der Talflanken des Pöllauer Safenbaches aus (10). Auch in der Friedberg-Pinkfelder Bucht fehlen Ablagerungen des Unterpannonien.

#### 7.1.1. Ausbildung und Schichtfolge der unterpannonischen Ablagerungen

Das lithotype Sediment der unterpannonischen Ablagerungen ist ein deutlich geschichteter, grauer Tegel, der zusätzlich eine dunkelgrüne oder bläuliche oder aber eine schwärzliche Tönung aufweisen kann. Seine lithologische Ausbildung ist auf weite Strecken hin auffallend uniform, wodurch er monoton wirkt. In gleicher Ausbildung finden wir den Tegel beispielsweise im Ilzer Revier (NEBERT, 1983c), ferner im Gebiet von Feldbach und Kirchbach (KOLLMANN, 1965) und schließlich östlich von Bad Gleichenberg, entlang des Lendva-Baches (WINKLER, 1913, 1921 und 1927). Mit anderen Worten: In den drei Teilbecken des Steirischen Beckens, nämlich im Gnaser, im Fehring und im Fürstenfelder Becken zeigt der Tegel des Unterpannonien nahezu die gleichen lithologischen Merkmale. Örtlich kann die Sandkomponente abnehmen, so daß der Tegel in einen reinen Ton von gleicher Färbung übergeht. Umgekehrt findet man untergeordnet feinkörnige Sande oder Tonmergel.

Zur lithofaziellen und sedimentologischen Typisierung der unterpannonischen Ablagerungen werden zwei Referenzaufschlüsse herangezogen.

Referenzaufschluß 168 (7) wurde bereits im vorigen Kapitel für die Typisierung des 2. Sedimentationszyklus des Sarmatien benutzt. In dem betreffenden Aufschluß (Abb. 25) liegt über der Marinbrackischen Abschlußfolge ein gut geschichteter, grau-blauer Tegel, der gelblich verwittert und etwa 1,5–2,0 m mächtig ist. An Makrofossilien wurden aus ihm bestimmt: *Cardium* sp. und eine primitive *Congerina*-Form (ähnlich der *Congerina soceni* JEKELIUS). Diese Makrofossilien sprechen für ein mögliches Obersarmat, schließen jedoch ein tieferes Pannonien nicht aus (F. STOJASPAL). Eindeutiger sind die überaus individuenreichen Ostrakoden: *Erpetocypris* cf. *reticulata* (REUSS), *Eucypris auriculata* (MEHES) und *Loxococoncha* sp. (Bestimmung M. E. SCHMID) sind leitend für Pannon A–C. Kombiniert man die Ergebnisse der makropaläontologischen mit jenen der mikropaläontologischen Bestimmungen, so liegt der Alterseinstufung des grau-blauen Tegels ins Unterpannonien (Zone A+B) nichts im Weg.

Nochmals sei darauf hingewiesen, daß im Aufschluß 168 (7) die Sandfolge des Sarmatien durch eine 5–10 cm starke Limonitlage von dem darüberfolgenden blau-grauen Tegel des Unterpannonien getrennt ist, und daß zwischen dem horizontal gelagerten Tegel und dem mit 10° einfallenden Sarmat-Sand eine deutliche Winkeldiskordanz besteht (vgl. Abb. 26b).

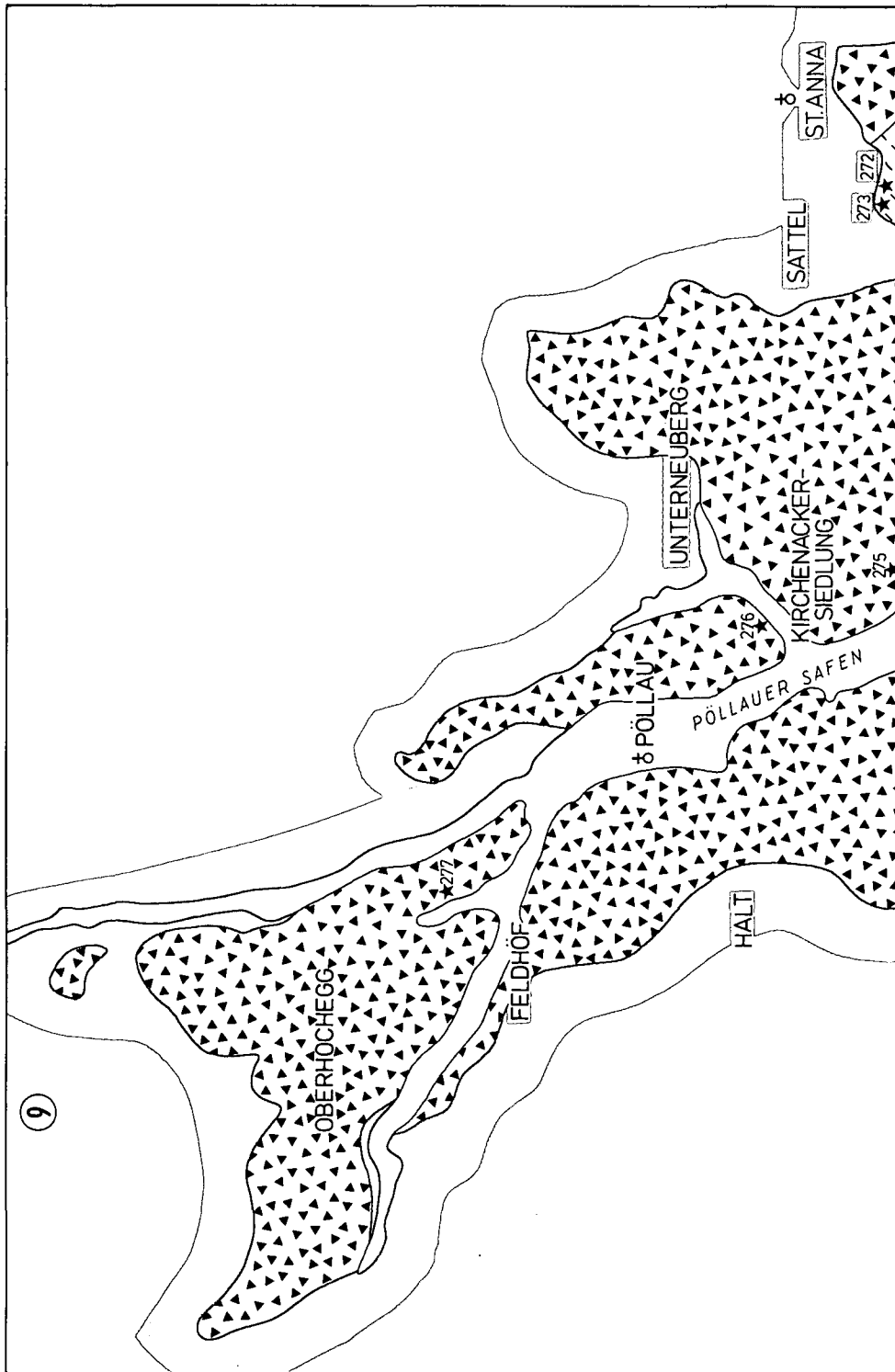


Abb. 28: Kartenblatt 9. Maßstab 1 : 50.000. Legende siehe Abb. 29 (Kartenblatt 10).

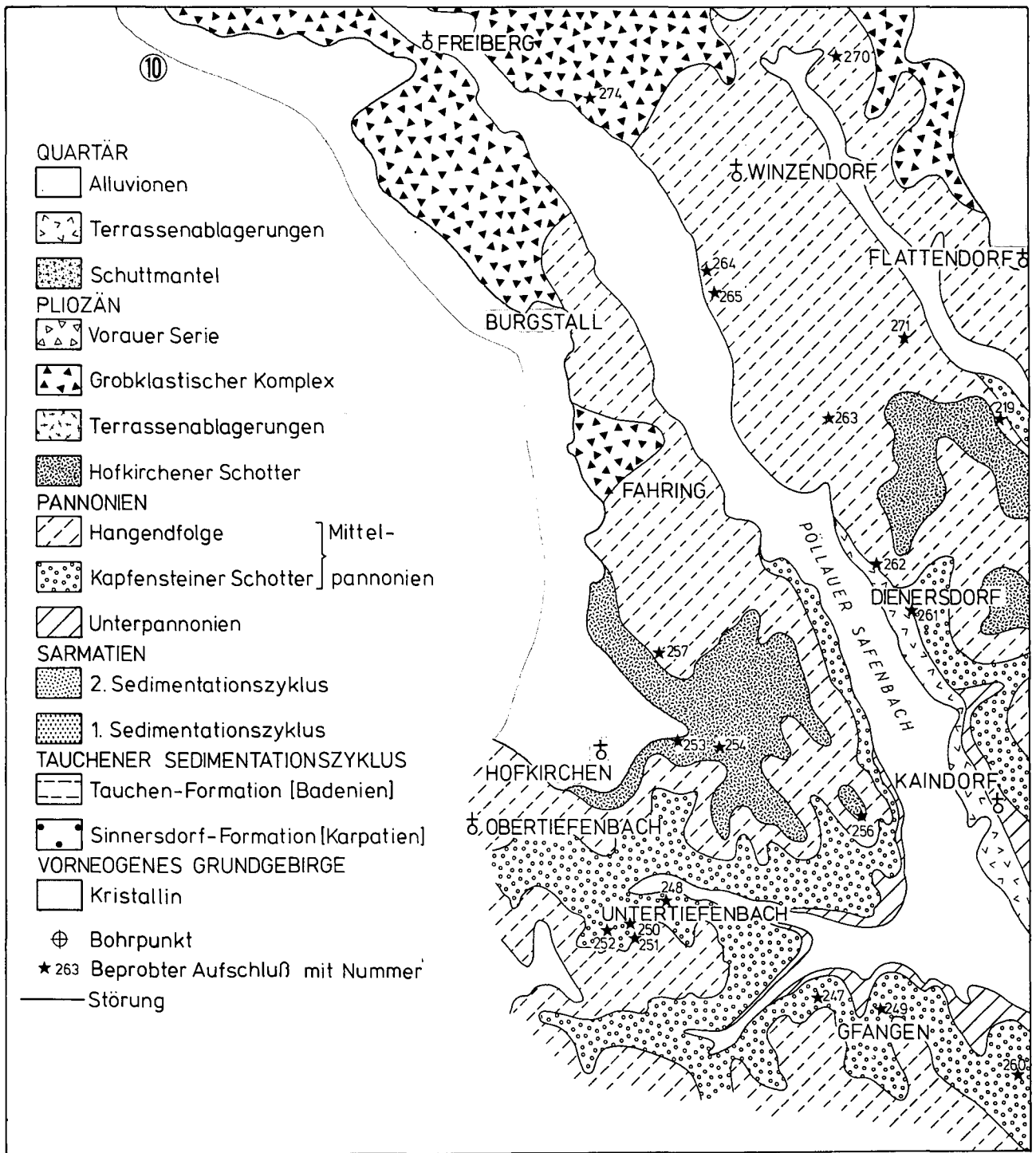


Abb. 29: Kartenblatt 10. Maßstab 1 : 50.000.

Eine Tegelprobe wurde auf ihren Schwermineralgehalt untersucht. Sie lieferte ein für die GR-Phase typisches Histogramm (d, Abb. 25). GR dominiert mit einem Spitzenwert von 68,3% (Tabelle 7). Das GR/EP-Verhältnis liegt bei 6,71, der HB/DURCHS.-Wert ist geringer als 0,01. Somit gelangte in den Ablagerungsraum ein frisches, unverwittertes, alpinogenes Liefermaterial, das einen langen Transportweg zurückgelegt hat.

Das städtische Ziegelwerk von Hartberg liefert den zweiten Referenzaufschluß 246 (7) und 190 (7) (Süd- und Nordabschnitt der Grube). Die Abbauhöhe reicht über 10 m hinaus. Im Liegendabschnitt der Grube ist ein bläulich-grauer Ton in einer Mächtigkeit von 3–5 m

freigelegt. Er wird als Rohmaterial für die Herstellung der Ziegel verwendet. Im unteren Abschnitt des bläulich-grauen Tones treten cm-starke Lagen mit dickschaligen Congerien auf. Die überaus zahlreichen Congerien-Individuen verursachen eine Erhöhung des Kalkgehaltes, was sich nachteilig auf die Ziegelherstellung auswirkt. Die Schwermineralanalyse dieses unteren Grubenabschnitts ergab ein Histogramm (a, Abb. 30), das mit seinem GR-Spitzenwert von 68,9 % (Tabelle 7) desgleichen charakteristisch für die GR-Phase eines Sedimentationszyklus ist. Über dem bläulich-grauen Ton folgt ein 3-4 m mächtiger grünlich-grauer Tegel, dessen Schwermineralassoziaton (Histogramm b,

Tabelle 7: Schwermineralliste des Sedimentationszyklus des Unterpannonien (Anzahl der gezählten Körner).

PROBENR.	TOTAL	OPAK	DURCHS.	AP	HB	GR	EP	CD	ST	DI	TI	TU	ZI	RU	GR:EP
<b>GRANAT-EPIDOT-PHASE</b>															
167b (7)	342	75	267	8	2	178	58	2	1	-	6	4	1	7	3,07
190a (7)	817	606	211	4	1	116	69	-	1	-	-	2	4	14	1,68
190b (7)	417	79	338	18	1	213	76	1	1	-	4	5	4	15	2,80
203 (7)	487	272	215	13	-	25	103	6	5	-	12	13	2	36	0,24
204 (7)	415	175	240	12	-	66	104	6	6	4	6	19	1	16	0,60
208 (7)	323	104	219	-	4	52	125	6	3	-	3	9	2	15	0,42
246b (7)	321	78	243	13	1	94	100	1	-	1	5	11	1	16	0,94
Summe	3122	1389	1733	68	9	744	635	22	17	5	36	63	15	119	1,17
<b>GRANAT-PHASE</b>															
168d (7)	714	241	473	6	1	323	93	1	2	3	7	1	5	31	6,71
194 (5)	316	79	237	3	3	178	28	-	-	-	7	3	1	14	6,36
209 (7)	301	35	266	1	-	223	34	-	2	-	-	1	-	5	6,56
210 (7)	299	59	240	1	-	207	16	-	3	-	-	4	-	9	12,94
244d (7)	307	58	249	9	2	189	28	1	2	2	7	3	2	4	6,75
246a (7)	301	47	254	16	3	175	44	-	-	-	4	4	2	6	3,98
Summe	2238	519	1719	36	9	1295	243	2	9	5	25	16	10	69	5,33

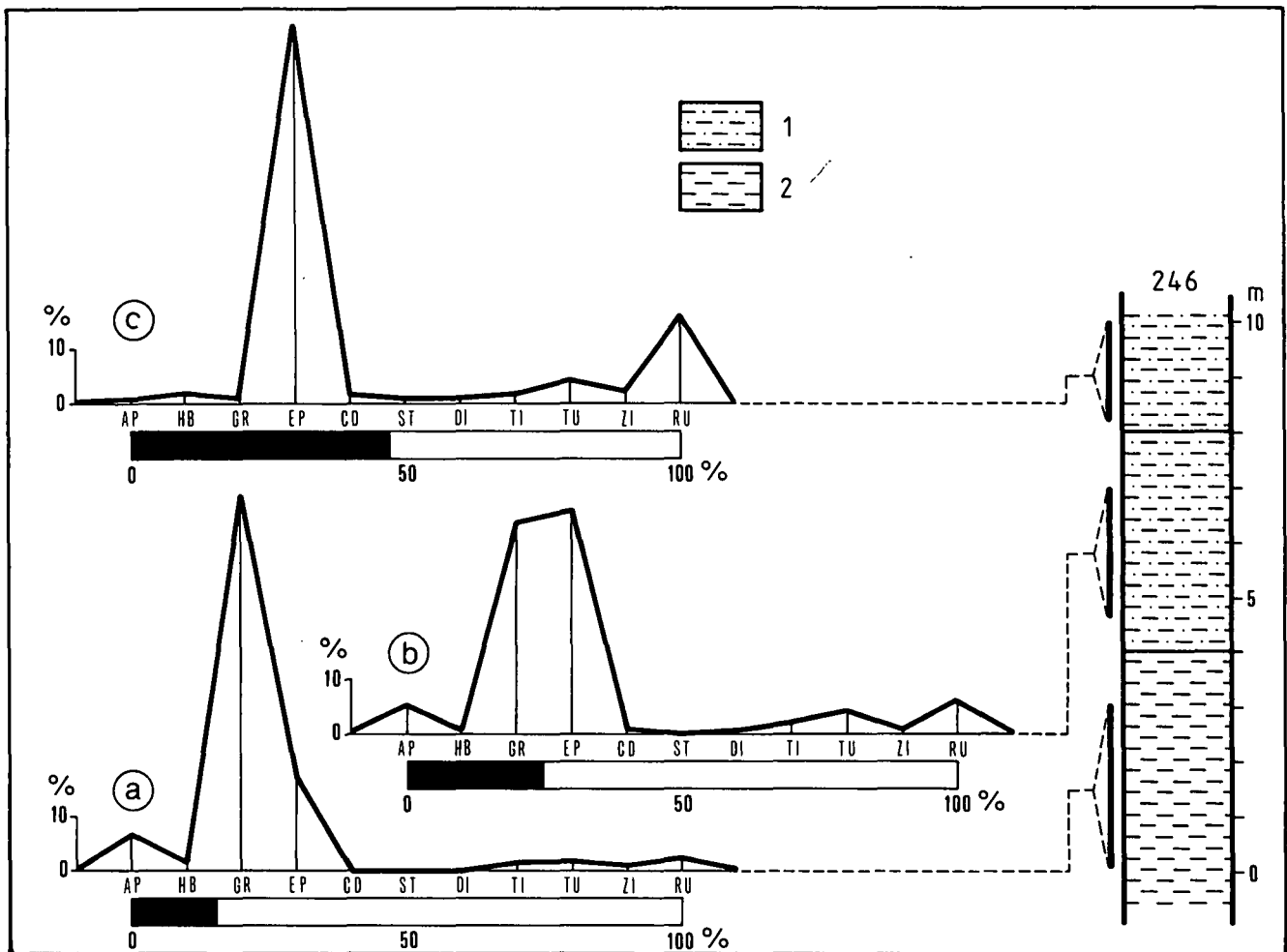


Abb. 30: Referenzaufschluß 246 und 190 (7). 1 = toniger Sand (Terrassenablagerung) bzw. grünlich-grauer Tegel (Unterpannonien); 2 = bläulich-grauer Ton (Unterpannonien).

Abb. 30) einer GR-EP-Phase zugeordnet werden muß. 1 m bis 2 m mächtige quartäre Terrassenablagerungen (toniger Sand sowie Sand mit Kleingeröll-Lagen) überdecken die Schichtfolge des Unterpannonien. Eine Probe (c, Abb. 30) aus dieser quartären Decke lieferte ein für die Terrassensedimente typisches Histogramm mit einem dominierenden EP-Hauptmaximum (69,6 %) und einem Nebenmaximum aus TU, ZI und RU (zusammen 16,9 %, Tabelle 14). Ein ähnliches Histogramm (b, Abb. 2) haben wir bei quartären Terrassenablagerungen des Referenzaufschlusses 189 (7) kennengelernt. Dort lagen die Terrassensedimente über den Unteren fluvialen Sanden des Sarmatien.

Zusammenfassend lassen sich die Ablagerungen des Unterpannonien lithofaziell wie folgt charakterisieren. Bis auf örtliche Ausnahmen bestehen die Ablagerungen aus deutlich geschichtetem Tegel und Ton, deren graue Grundfärbung zusätzlich eine bläuliche, grünliche oder gelbliche Tönung aufweisen kann. Infolgedessen handelt es sich um fein- bis feinstkörniges Sedimentmaterial, das in den unterpannonischen Ablagerungsraum in Form von Suspensionen bei äußerst langsamer Wasserbewegung eingeweht wurde. Zu Beginn des unterpannonischen Sedimentationszyklus ist trotz des feinkörnigen Charakters seiner Sedimente eine typische GR-Phase vorhanden. Dies gilt nicht nur für den Hartberger Neogenraum (Histogramm b, Abb. 31), sondern auch für das Ilzer Revier (Histogramm a, Abb. 31) (NEBERT, 1983c). Die beiden Histogramme sind nahezu identisch. Daraus läßt sich folgern, daß die Sedimentationsbedingungen im Steirischen Becken zur Zeit des Unterpannonien äußerst uniform waren. HB ist in den Histogrammen kaum vertreten, was mit einem langen Transportweg erklärt werden kann. Der fein- bis feinstkörnige Charakter der Sedimente verbunden mit dem Fehlen von HB ergibt einen Ablagerungsraum, der zum Beckeninnern gehörte. Frisches Liefermaterial gelangte

somit auch in den Innenbereich des unterpannonischen Beckens.

Die GR-EP-Phase des unterpannonischen Zyklus ließ sich desgleichen nachweisen. Lithologisch handelt es sich um das gleiche fein- bis feinstkörnige Sedimentmaterial (Tegel und Ton). Das aus 7 Proben ermittelte Standardhistogramm (c, Abb. 31) zeigt ein Maximum, das fast zu gleichen Teilen aus GR und EP aufgebaut wird. Der opake Anteil (44,5 %) hat merklich zugenommen.

Eine EP-Phase ließ sich für das Unterpannonien im untersuchten Gebiet nicht nachweisen. Wahrscheinlich fielen die betreffenden Sedimente der nachfolgenden intrapannonischen Erosion zum Opfer.

Zu unterstreichen wäre die Tatsache, daß wir es beim Sedimentationszyklus des Unterpannonien lithofaziell mit typisch limnischen Sedimenten zu tun haben. Dies hängt in erster Linie mit dem topographischen Charakter des Sedimentationsraumes zusammen (Beckeninneres). Der Wandel in der Verwitterung des Alimentationsgebietes hat sich jedoch deutlich in den limnischen Sedimenten als Schwermineral-Phasen abgebildet.

### 7.1.2. Stratigraphische Abgrenzung, Lagerungsverhältnisse und Mächtigkeit der unterpannonischen Ablagerungen

Im Gegensatz zum Inneralpinen Wiener Becken, wo zwischen Sarmatien und Unterpannonien eine kontinuierliche Sedimentation nachgewiesen wurde, wo infolgedessen die Schichten des Sarmatien ohne Unterbrechung in jene des Unterpannonien übergehen, besteht im untersuchten Gebiet zwischen den sarmatischen und unterpannonischen Ablagerungen eine Sedimentationsunterbrechung (Hiatus), die sich als Erosions- oder Winkeldiskordanz äußert. Diese stratigraphischen Beziehungen ließen sich in einigen Aufschlüssen (z. B. Referenzaufschluß 168, Abb. 26b) nachweisen. Zumeist ist eine cm-dünne Limonitlage zwischen den Schichten des Sarmatien und jenen des Unterpannonien vorhanden. Sie markiert ein fossiles Relief.

Die untere stratigraphische Grenze der unterpannonischen Ablagerungen ist somit eindeutig gegeben. Aber auch die obere Abgrenzung stößt auf keinerlei Schwierigkeiten, denn nach der Ablagerung des Unterpannonien tritt die sogenannte intrapannonische Trockenlegungsphase (WINKLER, 1933) auf. Sie trennt das Unterpannonien vom Mittelpannonien. Wie wir noch sehen werden, beginnt das Mittelpannonien mit der Ablagerung des Kapfensteiner Schotters, ein Umstand, dem eine regionale Bedeutung zukommt. Während der intrapannonischen Trockenlegungsphase wurde ein guter Teil des bereits abgelagerten Unterpannonien abgetragen. So läßt sich beispielsweise das Fehlen der EP-Phase innerhalb des unterpannonischen Zyklus erklären.

Hinsichtlich der Lagerungsverhältnisse kann gesagt werden, daß die Schichten des Unterpannonien im allgemeinen horizontal liegen oder aber ein flaches Einfallen aufweisen, und zwar in Richtung der Kippung der tektonischen Schollen, deren Flanken sie aufbauen.

Mächtigkeitsangaben über die Ablagerungen des Unterpannonien sind deshalb schwer zu machen, weil ein beachtlicher Teil der Schichtfolge während der vorhin erwähnten intrapannonischen Trockenlegungsphase abgetragen wurde. Als Schätzungswerte können 20 m bis 30 m angegeben werden.

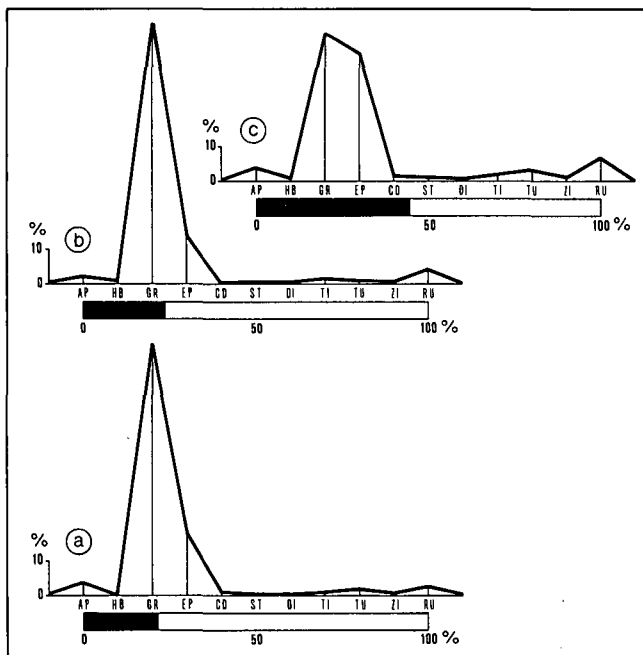


Abb. 31: Standardhistogramme der GR-Phase des Unterpannonien. a = Ilzer Revier (arithmetisches Mittel von 6 Probenanalysen); b = Neogengebiet von Hartberg (6 Analysen); c = Standardhistogramm der GR-EP-Phase (7 Analysen) des Unterpannonien des Hartberger Neogengebietes.



### 7.1.3. Stratigraphische Stellung und Korrelation der unterpannonischen Ablagerungen

Das unterpannonische Alter der Sande, Tegel und Tone ist mit einer zwar artenarmen aber individuenreichen Ostrakodenfauna sichergestellt. Folgende Ostrakodenarten ließen sich aus drei Aufschlüssen (168 d, 194 und 244 e) nachweisen (Bestimmung SCHMID): *Erpetocypris* cf. *reticulata* (REUSS), *Eucypris auriculata* (MEHES), *Hemicytherea* sp. und *Loxococoncha* sp. Diese Ostrakoden sind für die Zonen A–C leitend (SCHMID). Berücksichtigen wir zusätzlich die Makrofossilien, eine *Congerina* sp. (aus der Gruppe *Triangularis*) (Probe 244 e) und eine zweite *Congerina* sp. (primitive Form, ähnlich *C. soceni* JEKELIUS) (Probe 168 d), so wäre mit diesen Makrofossilien ein tieferes Unterpannonien (s. lato) gegeben (STOJASPAL). Dieses tiefere Unterpannonien würde den Zonen A und B entsprechen.

Diese Einstufung wird von einer reichen Molluskenfauna untermauert. Sie wurde seinerzeit durch eine Brunnegrabung bei Hartberg zutage gefördert (NEBERT, 1952, S. 105). Die Fauna enthält unter anderen *Melanopsis impressa impressa* KRAUSS, *Melanopsis impressa carinatissima* SACCO und *Congerina ornithopsis* BRUSINA, Formen die charakteristisch für die Zone B des Pannonien s. lato sind (PAPP, 1951 und 1956).

Hervorzuheben wäre die monotone lithologische Ausbildung des Unterpannonien: bläulich-graue Tegel und Tone mit örtlichen Sandeinschaltungen. Es ist dies ein Kennzeichen, das für das gesamte Steirische Becken zutrifft.

### 7.1.4. Kohlegeologische Bemerkungen zu den Ablagerungen des Unterpannonien

Im Unterkapitel (7.1.1.) über die Ausbildung und Schichtfolge wurde aufgrund des lithofaziellen Charakters der unterpannonischen fein- bis feinstkörnigen Sedimente das Beckeninnere als Ablagerungsraum angeführt. Im untersuchten Gebiet war somit kein geeigneter Bildungsraum für Kohle vorhanden, obgleich die klimatischen Faktoren günstig lagen (feuchtwarmes Klima). Infolgedessen fehlt dem Sedimentationszyklus des Unterpannonien eine telmatische Phase, d. h. im Unterpannonien des erkundeten Gebietes sind keine Kohlevorkommen zu erwarten.

## 7.2. Sedimentationszyklus des Mittelpannonien

(Kartenblätter 3, 4, 5, 6, 7, 8 und 10;  
Abb. 10, 20, 21, 22 und 29)

Von allen Ablagerungen haben jene des Mittelpannonien die größte Verbreitung im erkundeten Gebiet. In der Pöllauer Bucht treten sie in ihrem Südabschnitt (10) frei zutage. In ihrem Nordabschnitt sind sie von jüngeren, zumeist grobklastischen Ablagerungen überdeckt (9). Im Hartberger Neogenraum (5, 6, 7 und 8) bauen sie nahezu alle Bergrücken auf. In der Friedberg-Pinkfelder Bucht reichen sie bis Grafenschachen und Pinkfeld (3 und 4) hinauf.

Mit dieser großen Verbreitung hängt auch die relativ große Zahl künstlicher und natürlicher Aufschlüsse zusammen. Sie gewährleistete eine gute lithostratigraphische Untersuchung der Schichtfolge des mittelpannonischen Sedimentationszyklus. Diesem Umstand ist es zu verdanken, daß sich sowohl die Schwermineral-Phasen

als auch die lithofaziellen Phasen des mittelpannonischen Zyklus nachweisen lassen.

### 7.2.1. Ausbildung und Schichtfolge der mittelpannonischen Ablagerungen

In Anlehnung an das Ilzer Revier (NEBERT, 1983c), wo die Schichtfolge des mittelpannonischen Sedimentationszyklus (= Ilzer Sedimentationszyklus) in eine Liegendfolge und in eine Hangendfolge mit Bezug auf das Ilzer Flöz unterteilt wurde, wird auch für das untersuchte Gebiet diese lithostratigraphische Unterteilung des Mittelpannonien übernommen. Die Liegendfolge besteht aus den Sedimenten der GR-Phase bzw. der fluviatilen Phase und erhielt die Bezeichnung „Kapfensteiner Schotter“ bzw. „Kapfensteiner Sandfazies“. Auf den geologischen Kartenblättern wurde sie der Einfachheit halber als „Kapfensteiner Schotter“ ausgedrückt. Die Hangendfolge enthält die Sedimente der GR-EP-Phase und EP-Phase.

Der Kapfensteiner Schotter leitet im Steirischen Becken und somit auch im untersuchten Gebiet den Sedimentationszyklus des Mittelpannonien ein. Die von A. WINKLER-HERMADEN (1933 und 1951) erstmalig festgestellte intrapannonische Trockenlegungs- und Erosionsphase, als deren Produkt der Kapfensteiner Schotter anzusprechen wäre, ist im gesamten Steirischen Becken, beginnend mit der Grazer Neogenbucht im Westen bis zum Fürstenfelder Teilbecken im Osten, nachzuweisen.

Der Kapfensteiner Schotter ist somit das lithotype Formationsglied der Liegendfolge. Zwar sind instruktive Aufschlüsse ziemlich selten, dennoch ließ sich der Kapfensteiner Schotter im erkundeten Gebiet als lithostratigraphischer Leithorizont vor allem auf Äkern gut verfolgen und kartenmäßig entsprechend erfassen.

Die Sedimentation des Kapfensteiner Schotters erfolgte in Form von Zügen, die südwärts ausgerichtet sind. So ließen sich beispielsweise zwei Aufschüttungsrichtungen des Schotters im Südabschnitt des Hartberger Neogengebietes nachweisen (NEBERT, 1952). Die erste Aufschüttungsrichtung kommt aus der Pöllauer Neogenbucht und zieht sich entlang des Safenbaches bis nach Kaindorf (7). Die zweite Schotteraufschüttung beginnt bei Grafendorf (5) und verläuft bei Hartberg südwärts, entlang des Löffelbaches und des Hartberger Safenbaches (8). Ihre Schotterablagerungen lassen sich im Gebiet des Totterfeldes, ferner zwischen Unterdombach und Oberbuch bis nach Sebersdorf und Ebersdorf (7 und 8) verfolgen. In der Pöllauer Bucht erfolgt die Hauptschüttung entlang der Medianachse der Bucht (10).

Zwischen den Schotterzügen gelangte Sand zur Ablagerung. Er bildet die Kapfensteiner Sandfazies (kurz: Sandfazies) der Liegendfolge des mittelpannonischen Sedimentationszyklus.

Im Südabschnitt der Pöllauer Bucht (10) sind etliche Schotter- und Sandgruben vorhanden. Einige sind auch heute noch im Betrieb. Man verwendet die Lockersedimente für den Straßenbau (J. G. HADITSCH & Y. YANAC, 1977). Dieser Gebietsabschnitt liefert ein paar instruktive Aufschlüsse, die als Grundlage für die lithofazielle und sedimentologische Typisierung des Kapfensteiner Schotters in der Pöllauer Neogenbucht dienen.

Als Referenzaufschluß 247 (10) wurde eine bis über 20 m hohe und mehr als 100 m breite Sandgrube, etwa

0,5 km NW von der Ortschaft Gfangen, gewählt. Im unteren Aufschlußabschnitt sind zwei meterstarke Schotterbänke zu sehen (Abb. 32). Die Schichtung ist un- deutlich. Das Korn des Schotter ist im Durchschnitt erbsengroß. Die Schotterbänke sind durch eine 80 cm starke Sandlage getrennt. Im mittleren Profilabschnitt erscheint eine Wechsellagerung (ca. 4 m) von dm- starken Schotter- und Sandlagen. Der obere Abschnitt des Aufschlusses wird, in einer Mächtigkeit von 8 m, von einem tonigen Feinsand eingenommen.

Vier Proben wurden auf ihren Schwermineralgehalt untersucht (Abb. 32). Im Histogramm der vier Proben dominiert ein GR-Maximum (71 %–84 %). Das GR/EP-

Verhältnis liegt zwischen 5,59 und 8,69 (s. Tabelle 8). Der Anteil der anderen Schwermineralien ist minimal. Herauszustreichen wäre noch der geringe Anteil (8 %–15 %) der opaken Körner sowie das Fehlen der HB. Das zur Ablagerung gelangte Sediment stammt somit von einem frischen und unverwitterten Liefermaterial, das einen längeren Transport zurückgelegt hat. Die vier Histogramme belegen die GR-Phase des mittelpan- nonischen Sedimentationszyklus. Der Schotter und die Grobsande charakterisieren eine fluviatile Phase.

Für den Hartberger Neogenraum mag eine über 10 m hohe, steilwandige Schottergrube beim Gehöft Ritterhof, südlich von Unterdombach (7) als repräsentativer

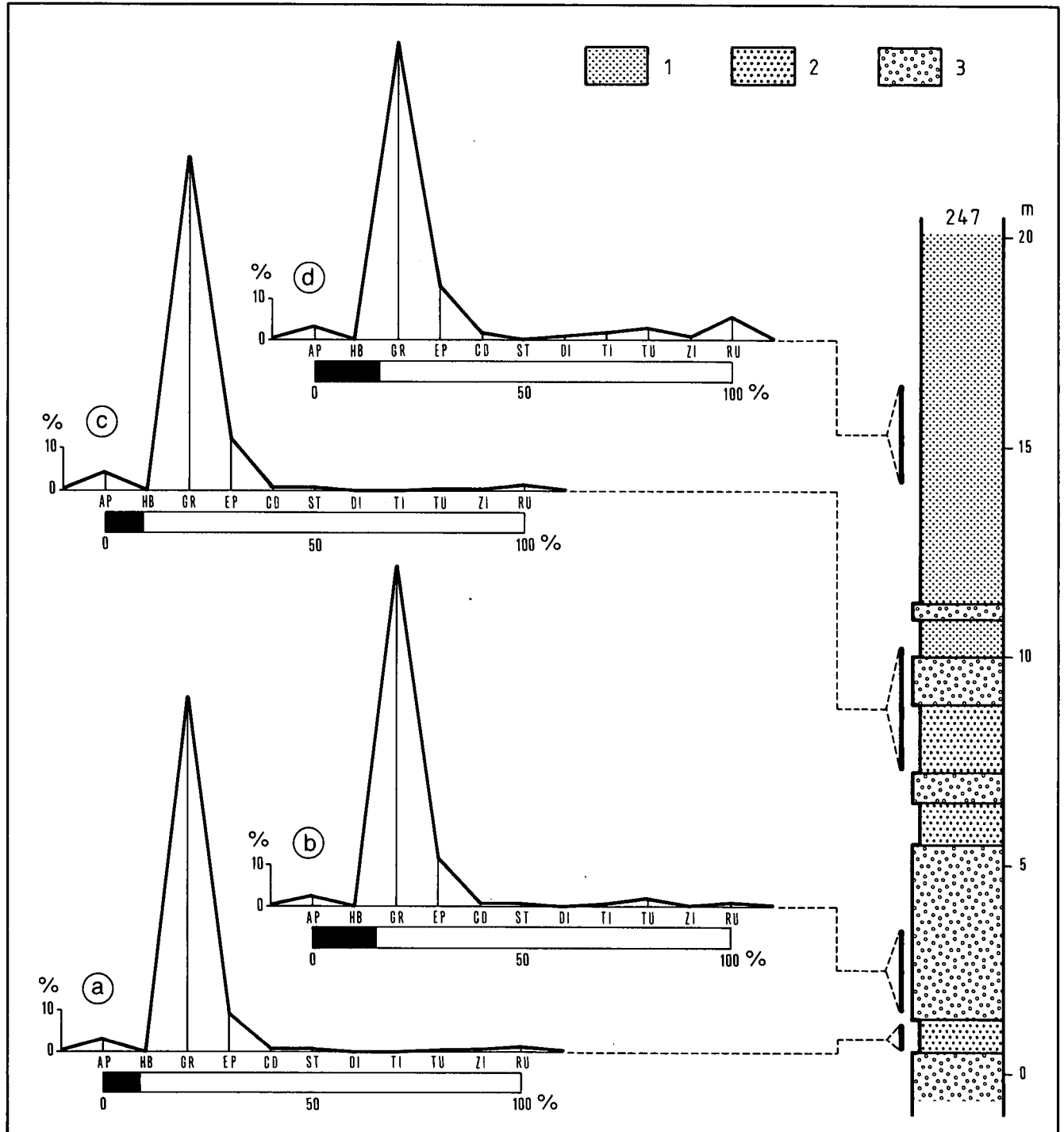


Abb. 32: Referenzaufschluß 247 (10). 1 = Feinsand; 2 = Grobsand; 3 = Schotter. Erläuterung im Text.

Tabelle 8: Schwermineralliste der fluviatilen Phase (= GR-Phase) des mittelpannonischen Sedimentationszyklus (Anzahl der gezählten Körner).

PROBENR.	TOTAL	OPAK	DURCHS.	AP	HB	GR	EP	CD	ST	DI	TI	TU	ZI	RU	GR/EP
136a (6)	269	33	236	8	39	135	25	-	-	2	1	19	2	5	5,40
136b (6)	253	18	235	8	39	143	28	2	1	-	1	10	1	2	5,11
147b (6)	246	21	225	2	37	152	21	-	1	-	2	7	-	3	7,24
147c (6)	269	21	248	7	33	161	27	2	3	2	2	9	1	1	5,96
163a (7)	639	70	569	7	1	446	75	2	6	-	5	4	2	21	5,95
179a (8)	345	14	331	-	1	301	17	-	5	-	2	4	-	1	17,71
179b (8)	293	50	243	8	-	171	27	-	-	-	6	19	6	6	6,33
184 (8)	272	35	237	2	22	173	29	-	3	-	-	6	-	2	5,97
209a (7)	301	35	266	1	-	223	34	-	2	-	-	1	-	5	6,56
210 (7)	299	59	240	1	-	207	16	-	3	-	-	4	-	9	12,94
218 (7)	294	51	243	-	31	163	25	-	6	-	1	15	-	2	6,52
224a (8)	286	59	227	8	-	174	34	2	1	-	1	1	-	6	5,12
224b (8)	280	48	232	11	4	172	32	3	1	1	-	1	-	7	5,38
225 (8)	263	39	224	8	3	180	26	-	1	1	-	2	1	2	6,90
238a (8)	264	29	235	5	15	175	27	3	-	-	1	5	-	4	6,48
238b (8)	298	62	236	9	5	160	51	1	1	-	4	3	1	1	3,14
238c (8)	311	48	263	6	-	182	45	4	1	-	7	3	1	14	4,04
247a (10)	294	26	268	8	-	226	26	2	1	-	-	1	1	3	8,69
247b (10)	294	45	249	6	-	205	29	1	1	-	1	5	-	1	7,07
247c (10)	272	25	247	11	-	197	31	1	2	-	-	1	1	3	6,35
247d (10)	298	46	252	9	-	197	32	3	-	1	5	7	2	14	5,59
249a (10)	255	19	236	3	-	201	22	1	2	1	1	1	-	4	9,14
249b (10)	269	32	237	2	-	186	33	-	9	1	-	1	-	5	5,64
250a (10)	255	21	234	4	-	184	29	-	3	2	-	5	-	7	6,34
250b (10)	259	38	221	1	-	179	31	-	6	-	1	2	-	1	5,77
250c (10)	291	58	233	3	-	160	48	-	2	2	-	4	3	11	3,33
251a (10)	298	66	232	-	2	196	23	-	4	1	-	2	-	4	8,52
252 (10)	300	51	249	-	2	189	40	1	5	3	1	5	1	2	4,73
260b (10)	275	45	230	4	1	190	20	-	7	-	1	6	-	1	9,50
260c (10)	319	79	240	9	1	176	37	-	6	2	1	7	-	1	4,76
260d (10)	313	69	244	2	-	203	27	-	4	1	-	2	1	4	7,52
Summe	9174	1312	7862	153	236	5989	967	28	87	20	44	162	24	152	6,19

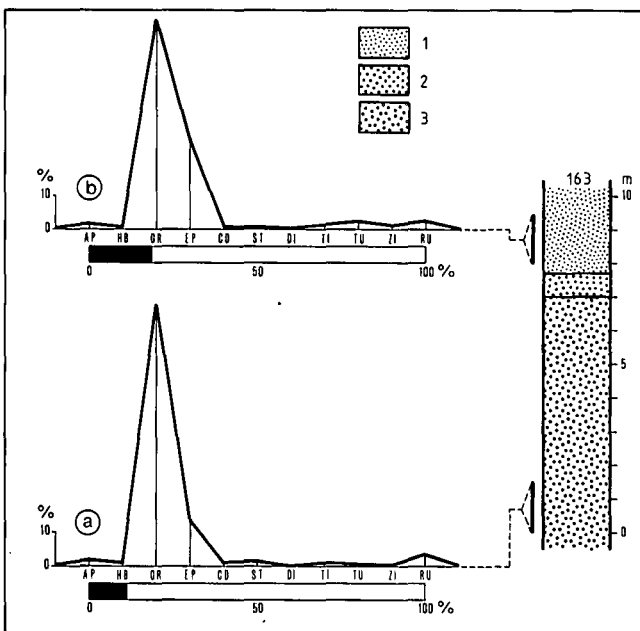


Abb. 33: Referenzaufschluß 163 (7). 1 = diagonalgeschichteter, fein- bis mittelkörniger Sand; 2 = diagonalgeschichteter Grobsand; 3 = Kapfensteiner Schotter.

Referenzaufschluß (163) gelten. Der Kapfensteiner Schotter ist in einer Mächtigkeit von 5–6 m abgeschlossen (Abb. 33). Er setzt sich aus überwiegend gut gerundeten Quarzkomponenten zusammen (Abb. 34). Vom Liegenden ins Hangende nimmt die Korngröße des Schotters ab. Erreichen die Klasten im unteren Abschnitt durchschnittlich noch die Größe einer Faust, so sind sie im oberen Abschnitt auf Haselnußgröße reduziert und gehen allmählich in diagonalgeschichtete Grobsande über. Es folgt sodann eine etwa 2 m mächtige Überlagerung von diagonalgeschichteten, fein- bis mittelkörnigen Sanden. Eine tonig-sandige Matrix bindet die Schotterkomponenten.

Eine dem Schotter entnommene Probe (163a, Abb. 33) enthielt eine Schwermineralassoziation, die für die Gr-Phase bzw. fluviatile Phase eines Sedimentationszyklus kennzeichnend ist. GR erreicht einen Spitzenwert von 78,4 %, das GR/EP-Verhältnis beträgt 5,95. Die übrigen Mineralanteile sind unbedeutend. Der opake Anteil ist minimal. Die nur in Spuren (0,2 %) anwesende HB weist auf einen längeren Transportweg hin. Das Liefermaterial muß infolgedessen als unverwitterter und frisch bezeichnet werden. Die hangenden Feinsande ergaben ein Histogramm, das mit einem GR/EP-Verhältnis von 2,31 bereits den Beginn einer EP-Phase ankündigt. Auch in diesem Histogramm ist HB (0,2 %)



Abb. 34: Referenzaufschluß 163 (7). Detailsicht des Kapfensteiner Schotters (Hammerlänge 32 cm).

nur in Spuren vorhanden, was desgleichen auf einen längeren Transportweg zurückzuführen ist.

In Referenzaufschluß 238 (8) zeigt die Kapfensteiner Sandfazies ihre typische Ausbildung. Es ist dies eine von der Stadt Hartberg für das Ziegelwerk angelegte Ersatzgrube, die aber wegen der hohen Transportkosten aufgelassen wurde. Die Grube liegt etwa 0,5 km westlich der Siedlung Mitterberg (8). Zuunterst ist ein mittelkörniger, grauer Sand (ca. 1 m) freigelegt (Abb. 35). Darüber folgt ein bläulich-grauer Tegel (1,5 m) mit gut erhaltenen Congerien, sodann ein gelblich verwitterter Tegel (2 m) und schließlich abermals ein bläulich-grauer Tegel (ca. 2 m), dem Sandlagen eingeschaltet sind. Die Tegellagen enthalten eine individuenreiche Ostrakoden-Fauna, die später besprochen werden soll. Vier Proben (a–d), deren stratigraphische Position und Spannweite dem Profil der Abb. 35 zu entnehmen sind, lieferten Schwermineral-Histogramme mit einem dominierenden GR-Maximum (vgl. hierzu auch Tabelle 8), womit auch für die Sandfazies eine GR-Phase nachgewiesen wurde. Der hohe Anteil an opaken Körnern in Histogramm d (Abb. 35) wurde vermutlich durch ein Limonitinfiltrat verursacht. Das Liefermaterial hat desgleichen einen längeren Transportweg zurückgelegt (HB/DURCHS. = 0–0,06).

In der Neogenbucht von Friedberg-Pinkafeld fehlen die Sedimente der Liegendfolge des mittelpannonischen Sedimentationszyklus.

Zusammenfassend läßt sich die Liegendfolge des mittelpannonischen Sedimentationszyklus lithofaziell

folgendermaßen typisieren: Sie setzt sich aus den Sedimenten der fluviatilen Phase bzw. GR-Phase zusammen, wobei zwei fazielle Ausbildungen vorhanden sind. Eine grobklastische Fazies, bestehend aus dem lithotypen Kapfensteiner Schotter, der gewissermaßen den basalen Leithorizont für das Mittelpannonien darstellt. Lateral kann der Schotter abschnittsweise in eine Sandfazies übergehen, wobei die einzelnen Schotterbänke mit Sandlagen wechsellagern. In vertikaler Richtung nimmt die Korngröße der Sedimente in der Regel ab. Sowohl Schotter als auch Sand enthielten eine Schwermineralassoziaton (Abb. 40, Histogramm a), die für die GR-Phase eines Sedimentationszyklus kennzeichnend ist.

Das Hauptverbreitungsareal der mittelpannonischen Hangendfolge liegt im Süden und im Osten des Hartberger Neogengebietes (6, 7 und 8). Ihre feinkörnigen Sedimente ermöglichten eine intensive Landnutzung.

Die Hangendfolge präsentiert eine abwechslungsreiche, lithologisch heterogene Ausbildung: diagonalgeschichtete, mittel- bis grobkörnige Sande mit Kleinschotterlagen, ungeschichtete feinkörnige Sande (Mehlsande), horizontalgeschichtete Tegel und Tone. Eine Regelmäßigkeit in der lithologischen Abfolge, etwa in Richtung einer rhythmischen Sedimentation, ließ sich infolge ungenügender Aufschlüsse nicht nachweisen.

Zwei Aufschlüsse mögen als Grundlage für die lithologische Typisierung der mittelpannonischen Hangendfolge dienen.

Der erste Referenzaufschluß 176 (8) ist ein etwa 18 m hoher Hanganschnitt, der beim Bau einer Straße entstand (Abb. 36). Er liegt etwa 1 km östlich der Ortschaft Oberbuch (8). Zuunterst wurde ein diagonalgeschichteter, mittel- bis grobkörniger, grau bis rostbraun gefärbter Sand mit cm-dünnen Kleinschotterlagen freigelegt. Darüber folgt in einer Mächtigkeit von 15–17 m eine Wechsellagerung von rostbraun gefärbten, mittel- bis feinkörnigen Sanden mit blau-grauen Tegeln. Letztere enthalten zahlreiche Pflanzenabdrücke. Dieser Schichtfolge wurden für die Schwermineralbestimmung 5 Proben entnommen, deren stratigraphische Position und Spannweite der Abb. 36 zu entnehmen sind. Die beiden unteren Proben (Histogramme a und b) enthalten eine für die GR-EP-Phase (= fluviatil-limnische Phase) charakteristische Schwermineralzusammensetzung: ein Maximum, das gemeinsam aus GR und EP aufgebaut wird, das GR/EP-Verhältnis liegt bei 0,66 bzw. 0,65 (vgl. hierzu Tabelle 9). Der Transportweg des teilweise verwitterten Liefermaterials war lang, denn HB ist mit niedrigen Werten vertreten. Es folgt sodann ein Histogramm (c), das mit einem GR/EP-Verhältnis von 0,25 etwa den Übergang zur EP-Phase herstellt. Die beiden oberen Histogramme (c und d) vertreten schließlich die EP-Phase (= limnische Phase). In beiden Histogrammen dominiert ein EP-Maximum mit 71,2 % bzw. 67,2 %. In Referenzaufschluß 176 (8) sind somit zwei Schwermineral-Phasen belegt: die GR-EP-Phase (= fluviatil-limnische Phase) und die EP-Phase (= limnische Phase).

Der zweite Referenzaufschluß 162 (7) wird uns die lithologische Heterogenität der mittelpannonischen Hangendfolge demonstrieren. Er liegt ca. 0,5 km westlich der Ortschaft Unterbuch (7) und stellt eine 13–15 m hohe, steilwandige Schottergrube dar. In ihr ist eine Wechsellagerung von Schotterbänken, Sandbänken und Tegellagen freigelegt (Abb. 37). Die Schotterbänke

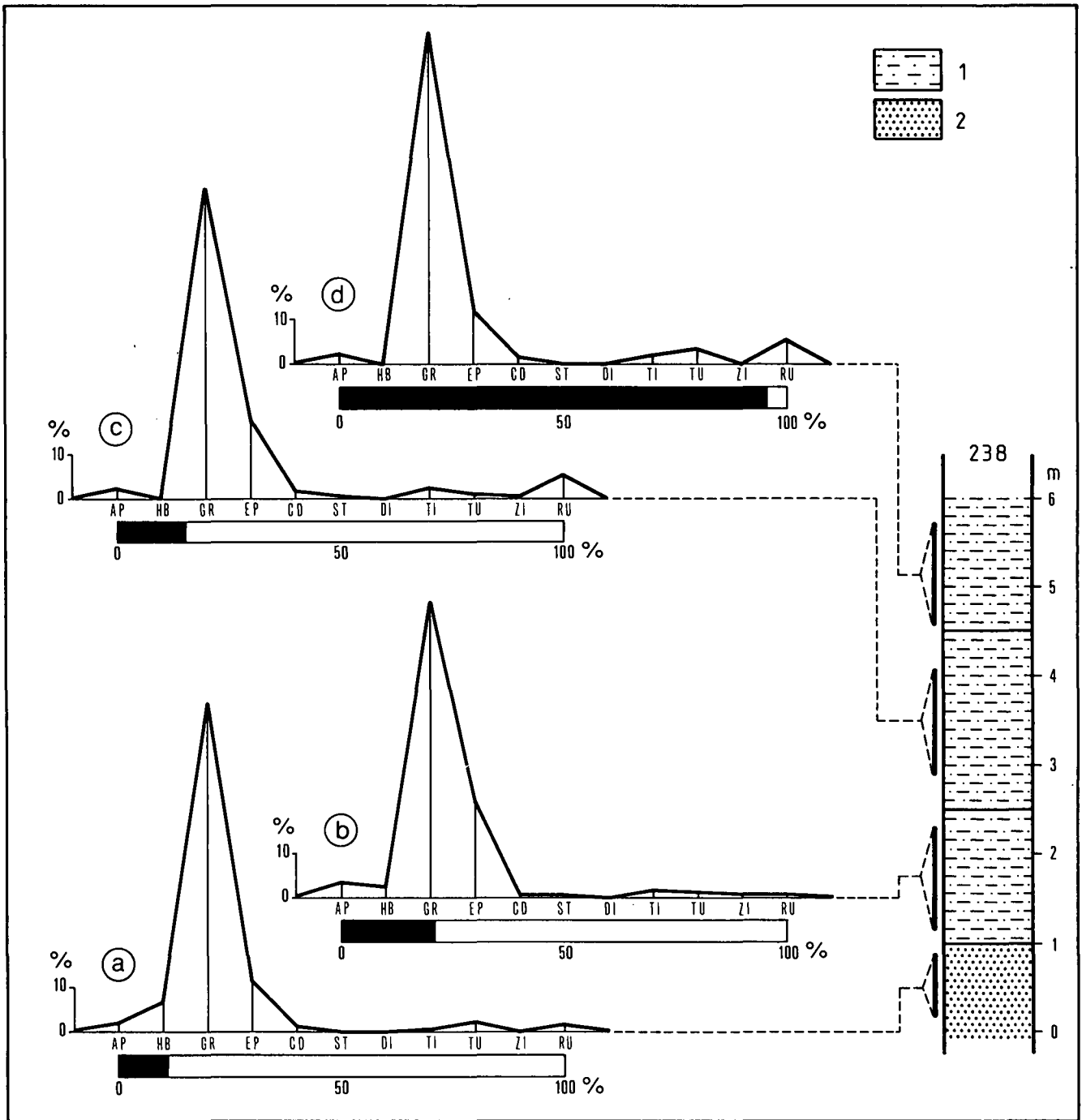


Abb. 35: Referenzaufschluß 238 (8). 1 = Tegel; 2 = Sand. Erläuterung im Text.

(a, c und i) enthalten gut gerundete, tauben- bis hühnereigröße Quarzkomponenten, die in einer, in der Regel rostbraun gefärbten, tonigen Sandmatrix eingebettet sind. Der diagonalgeschichtete Sand (b, d und j) ist grobkörnig und enthält Schotterlinsen und -schnüre.

Acht Proben wurden dem Aufschluß 162 (7) entnommen und auf ihren Schwermineralgehalt untersucht. Die stratigraphische Spannweite der Proben ist in Abb. 37 zu sehen. Der Schichtstoß d (Sand) und e (Tegel) konnte wegen der Steilheit der Grubenwand nicht beprobt werden. Bis auf die Proben f und g enthalten alle übrigen eine Schwermineralassoziation, die mit einem dominierenden EP-Gehalt die EP-Phase des unterpannonischen Zyklus vertritt (vgl. Tabelle 10). Die Proben f und g lieferten Histogramme, in denen das

Maximum gemeinsam aus GR und EP aufgebaut wird, die somit einer GR-EP-Phase zugeordnet werden müssen. Bemerkenswert ist das aus den EXRE-Mineralien zusammengesetzte Nebenmaximum, das in jedem Histogramm erscheint. Das betreffende Nebenmaximum ist desgleichen ein Kennzeichen der EP-Phase. Der geringe HB-Gehalt in allen Histogrammen spricht für einen längeren Transportweg.

In Aufschluß 162 (7) ist somit eine lithologisch heterogen aufgebaute Schichtfolge freigelegt. Auf Grund ihres Schwermineralgehaltes gehört die Schichtfolge der EP-Phase an, wenngleich auch Schichtpakete der GR-EP-Phase zwischengeschaltet sind.

In der Pöllauer Bucht treten die Sedimente der mittelpannonischen Hangendfolge am Eingang und im Süd-

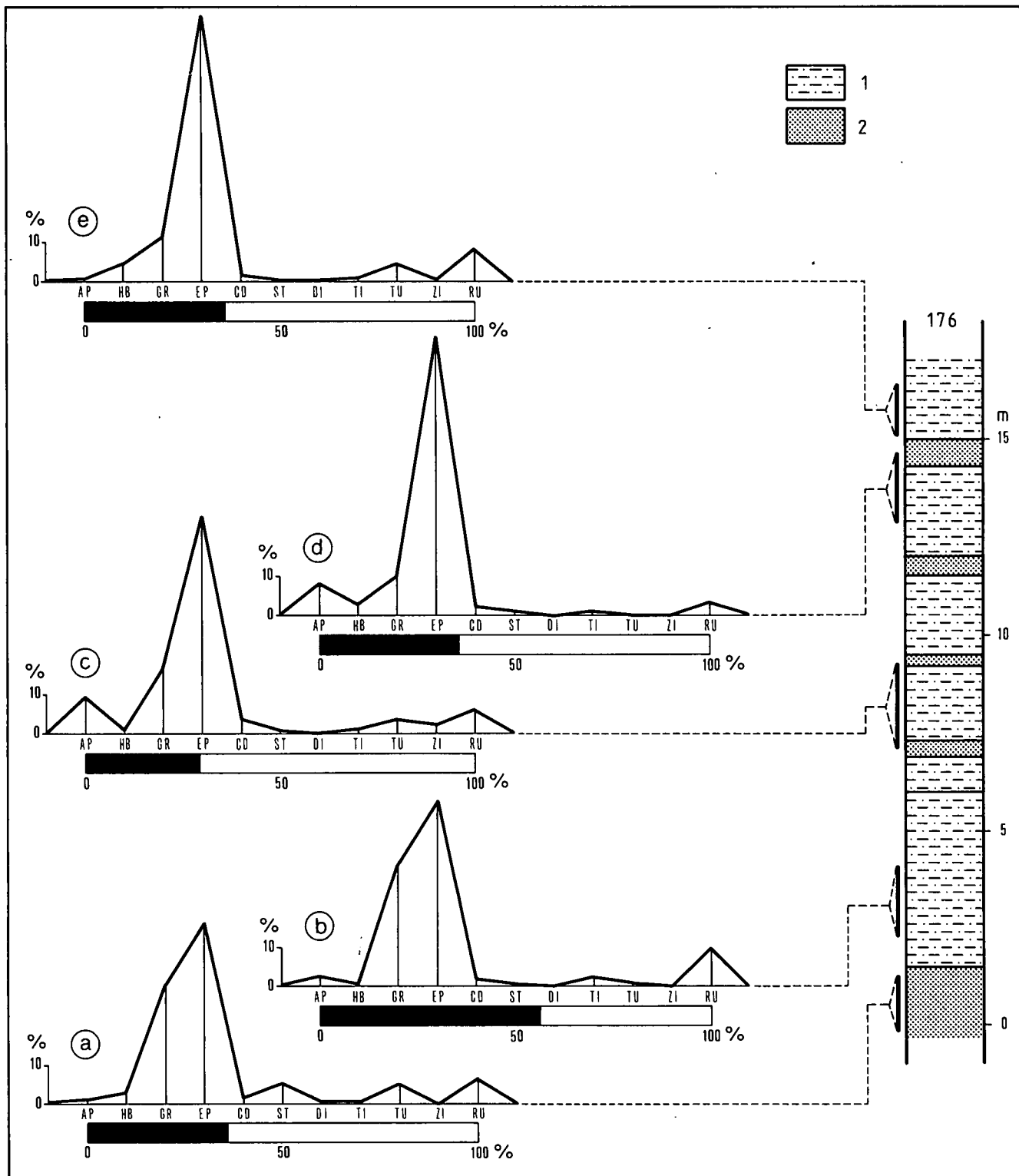


Abb. 36: Referenzaufschluß 176 (8). 1 = Tegel; 2 = Sand. Erläuterung im Text.

abschnitt der Bucht (10) auf. Sie bauen dort die Bergflanken bis etwa 390 m–400 m SH auf. Im Nordabschnitt der Bucht werden die Sedimente der Hangendfolge vom pliozän-quartären Blockschutt überlagert.

Wie im Hartberger Neogengebiet präsentiert die mittelpannonische Hangendfolge auch in der Pöllauer Bucht eine lithologisch abwechslungsreiche und heterogene Ausbildung: diagonalgeschichtete, mittel- bis grobkörnige Sande mit Kleinschotterlagen, geschichtete oder ungeschichtete, feinkörnige Sande (Mehlsande),

horizontalgeschichtete Tegel und Tone. Eine Regelmäßigkeit in der lithologischen Abfolge, etwa in Richtung einer rhythmischen Sedimentation, ließ sich auch hier nicht nachweisen.

In der Friedberg-Pinkfelder Bucht reichen die Sedimente der mittelpannonischen Hangendfolge bis zu einer nördlichen Linie, die Grafenschachen und Pinkfeld verbindet (3 und 4). Auch dort ist die lithologisch heterogene Ausbildung ihr Hauptmerkmal. Drei Proben (64, 65a und 65b, Tabelle 10) belegten die EP-Phase.

Tabelle 9: Schwermineralliste der fluviatil-limnischen Phase des mittelpannonischen Sedimentationszyklus  
(Anzahl der gezählten Körner).

PROBENR.	TOTAL	OPAK	DURCHS.	AP	HB	GR	EP	CD	ST	DI	TI	TU	ZI	RU	GR/EP
135 (6)	287	58	229	3	51	55	83	1	8	1	4	11	-	12	0,66
141 (6)	292	76	216	8	74	24	89	1	1	-	-	12	2	5	0,27
142 (6)	878	651	227	11	39	49	95	1	-	-	5	12	2	10	0,50
145 (6)	268	46	222	14	76	35	73	7	-	-	4	2	1	10	0,48
146 (6)	290	55	235	-	58	104	54	-	3	-	1	6	1	8	1,94
147d (6)	274	60	214	15	100	19	49	1	-	-	2	8	4	16	0,39
148 (6)	303	69	234	2	83	29	85	3	1	-	5	15	2	9	0,34
154 (6)	320	74	246	9	37	84	90	1	-	-	2	13	1	9	0,93
162f (7)	774	325	449	4	21	167	151	9	3	-	11	16	13	54	1,11
162g (7)	434	217	221	6	1	44	77	13	2	3	6	17	9	43	0,57
163b (7)	583	108	475	8	1	293	127	3	3	2	7	12	5	14	2,31
164c (7)	367	131	236	1	1	128	73	1	14	1	-	15	-	2	1,75
165a (7)	300	65	235	5	-	156	62	1	-	-	1	5	-	5	2,52
166 (7)	419	197	222	9	4	75	67	3	10	-	3	12	10	29	1,12
172 (8)	309	90	219	4	101	23	66	-	7	2	1	11	-	4	0,35
176a (8)	352	126	226	2	6	69	105	3	12	1	2	11	-	15	0,66
176b (8)	536	301	235	7	2	74	113	4	1	-	7	2	-	25	0,65
176c (8)	325	95	230	21	2	37	127	9	2	-	3	9	5	15	0,29
180 (8)	343	106	237	25	-	38	124	6	-	-	16	5	2	21	0,31
196 (5)	360	128	232	18	11	43	108	6	3	1	8	5	5	24	0,40
212 (7)	282	55	227	4	1	156	45	2	2	-	2	8	1	6	3,47
219a (10)	281	57	224	10	54	86	45	2	3	1	3	11	1	8	1,91
219b (10)	289	60	229	2	53	84	69	2	-	1	-	6	3	9	1,22
219c (10)	280	57	223	3	74	71	63	-	1	-	3	3	1	4	1,13
222a (8)	293	42	251	12	1	159	61	3	-	-	2	3	-	10	2,60
222b (8)	286	53	233	10	2	155	46	1	-	2	1	9	-	7	3,37
226 (8)	349	122	227	-	1	159	44	-	3	-	1	3	2	14	3,60
251b (10)	370	127	243	1	-	153	73	-	7	-	-	6	1	2	2,10
262 (10)	342	105	237	17	105	21	74	1	2	1	2	10	1	3	0,28
263 (10)	442	187	255	-	16	141	67	5	4	2	1	11	2	6	2,10
264a (10)	987	767	220	-	1	51	134	12	-	3	-	8	3	8	0,38
264b (10)	742	526	216	2	1	58	66	25	-	3	2	4	17	38	0,88
271 (10)	350	124	226	10	-	92	90	1	2	1	3	3	-	24	1,02
Summe	13311	5260	8051	243	977	2932	2698	127	94	25	108	284	94	469	1,09

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Hangendfolge des mittelpannonischen Sedimentationszyklus lithologisch heterogen aufgebaut ist. Grobklastische Sedimente (Schotter, Grobsand) wechsellagern mit mittelklastischen (Sand) und fein- bis feinstklastischen Sedimenten (Mehlsand, Tegel, Ton), wobei in der Wechsellagerung keine Rhythmizität zu erkennen ist. Die einzelnen Schichtpakete zeigen unterschiedliche Mächtigkeiten (dm bis m). Auf Grund ihres Schwermineralgehaltes gehören die Sedimente der GR-EP-Phase und der EP-Phase an. Grobklastische Sedimente (Schotter) mit fluviatilen Charakter (Diagonalschichtung) treten lokal auch in der EP-Phase auf. Im Großen gesehen, läßt sich jedoch eine Abnahme der Korngröße in vertikaler Richtung erkennen.

### 7.2.2. Stratigraphische Abgrenzung, Lagerungsverhältnisse und Mächtigkeit der Ablagerungen des Mittelpannonien

Die Unterkante der mittelpannonischen Schichtfolge ist durch das Auftreten des Kapfensteiner Schotters gegeben. Auf den Äckern läßt sich der Schotter unschwer verfolgen. Infolgedessen stößt die Grenzziehung zwischen Unter- und Mittelpannonien auf der Karte in der

Regel auf keine Schwierigkeiten. Außerdem tritt die Grenze „Unterpannonien – Mittelpannonien“ oft auch morphologisch in Erscheinung. Die aus den Sedimenten der Hangendfolge und dem Kapfensteiner Schotter aufgebauten Bergrücken haben sanfte Flanken. An der Oberkante des Unterpannonien gehen die Flanken unvermittelt in steile Hänge über. Dadurch entstehen bis über 20 m tiefe Erosionsrinnen, die in die unterpannonischen Sedimente eingeschnitten sind. Der Boden der zumeist schmalen (2–5 m) Rinnen ist mit den Geröllen des Kapfensteiner Schotters bedeckt.

Zwischen Hartberg und Grafendorf (5) umsäumt den Grundgebirgsrahmen eine 1–1,5 km breite Zone, die auf der Karte als „Kapfensteiner Schotter“ ausgeschieden wurde. Die Schotterdecke ist derart dünn, daß der darunterliegende blau-graue Tegel bzw. Ton des Unterpannonien an vielen Stellen durchschimmert bzw. freigelegt ist. Zudem besteht die Schotterdecke nicht nur aus den Klasten des Kapfensteiner Schotters, sondern auch aus quartären Geröllen. Eine Trennung des Kapfensteiner Schotters von den quartären Geröllen war nicht durchführbar.

Die Festlegung der oberen Grenze der mittelpannonischen Ablagerungen stößt desgleichen auf keine Schwierigkeiten. Im Westen (7 und 10) liegt der Hofkir-

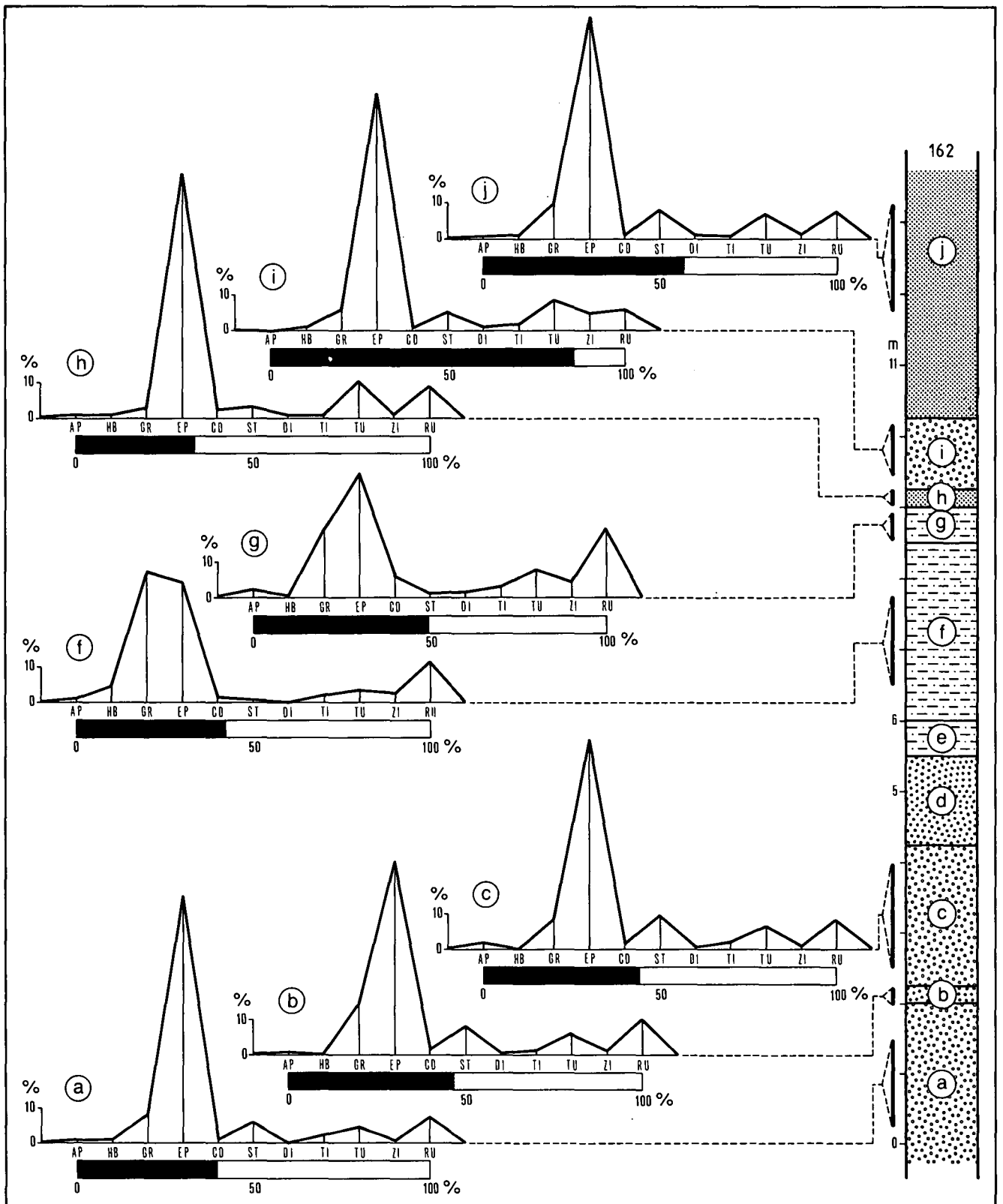


Abb. 37: Referenzaufschluß 162 (7). Erläuterung im Text.

chener Schotter über den Sedimenten des Mittelpannonien. Im Nordabschnitt der Pöllauer Bucht (9) überdeckt der äußerst grobkörnige pliozän-quartäre Blockschutt die mittelpannonischen Sedimente. Im Osten (6 und 8) werden die Sedimente des mittelpannonischen Zyklus von einem groben Schutt überlagert, der ins Pliozän gestellt wurde. Der grobkörnige Charakter des Schutts

steht im schroffen Gegensatz zu den zumeist feinkörnig ausgebildeten Sedimenten des Mittelpannonien und ermöglicht eine Grenzziehung zwischen beiden Formationen. Die Sedimente des mittelpannonischen Zyklus sind durch eine söhlig bis flachgeneigte Lagerung ausgezeichnet. Ein Einfallen, das 5° überschreitet, war nirgends zu messen.



Tabelle 10: Schwermineralliste der limnischen Phase (= EP-Phase) des mittelpannonischen Sedimentationszyklus (Anzahl der gezählten Körner).

PROBENR.	TOTAL	OPAK	DURCHS.	AP	HB	GR	EP	CD	ST	DI	TI	TU	ZI	RU	GR/EP
64 (4)	309	79	230	6	3	23	185	2	-	-	3	4	2	2	0,12
65a (4)	406	160	246	1	1	36	168	5	-	3	-	5	7	20	0,21
65b (4)	421	199	222	2	1	16	173	3	-	2	1	4	8	12	0,09
132 (6)	314	96	218	36	7	7	135	2	1	3	4	5	2	16	0,05
133 (6)	320	90	230	10	61	20	108	-	-	-	4	19	1	7	0,19
140 (6)	303	99	204	3	15	25	129	2	5	3	2	19	-	1	0,19
155a (8)	352	132	220	17	33	6	106	3	2	2	6	21	5	19	0,06
155b (8)	444	210	234	6	16	11	153	-	3	-	2	17	5	21	0,07
162a (7)	709	280	429	1	3	34	299	3	27	-	9	19	1	33	0,11
162b (7)	806	369	437	4	2	62	239	6	37	2	7	27	5	46	0,26
162c (7)	773	340	433	9	-	37	256	6	42	2	10	29	3	39	0,14
162h (7)	688	230	458	2	2	12	316	10	14	3	3	50	5	41	0,04
162i (7)	2790	2379	411	-	2	21	275	2	21	4	8	36	18	24	0,08
162j (7)	1017	578	439	1	2	43	271	1	36	7	3	31	8	36	0,16
164a (7)	414	178	236	10	-	13	157	5	1	-	7	23	3	17	0,08
164b (7)	351	120	231	-	-	25	149	6	4	2	9	13	4	19	0,17
165b (7)	376	118	258	6	-	23	187	5	1	1	4	16	2	13	0,12
176d (8)	344	122	222	19	5	22	158	5	2	-	4	-	-	7	0,14
176e (8)	398	142	256	1	11	29	172	4	1	1	2	12	2	21	0,17
183 (8)	343	121	222	3	72	20	92	2	3	-	4	15	4	7	0,22
185 (8)	402	170	232	4	32	15	134	2	2	3	6	16	1	17	0,11
199 (6)	368	130	238	2	44	14	143	1	6	-	7	8	4	9	0,10
206 (7)	566	376	240	-	-	19	152	7	15	2	1	9	4	31	0,13
216 (7)	433	227	206	-	3	31	126	9	4	2	2	4	2	23	0,25
257 (10)	447	215	232	7	2	8	171	1	2	1	2	8	5	25	0,05
265 (10)	404	174	230	18	3	21	135	8	3	1	6	12	-	23	0,16
267 (7)	402	170	232	1	35	29	142	3	13	1	1	4	-	3	0,20
270 (10)	662	444	218	-	-	10	180	1	5	1	2	9	-	10	0,01
272 (10)	456	236	220	4	2	4	141	-	-	1	1	3	1	63	0,03
273 (10)	1566	1328	238	1	-	9	204	-	2	2	-	12	2	6	0,04
Summe	18017	9689	8328	174	360	676	5382	113	256	51	122	454	106	634	0,13

An primären Sedimentstrukturen sei in erster Linie die Diagonalschichtung (Abb. 34) erwähnt. Sie tritt bei Schottern und Sanden auf und weist den fluviatilen Charakter dieser klastischen Sedimente aus. Die dazu gehörenden Schwermineral-Histogramme mit ihrem dominierenden GR-Maximum gehören der GR-Phase an. Beispiel: Aufschlüsse 163 (7) und 249 (10).

In einigen Aufschlüssen sind in bereits abgelagerte mittelpannonische Sedimente (diagonalgeschichtete Schotter und Sande) Schotterrinnen eingeschnitten. Sie treten zumeist während der fluviatilen Phase des mittelpannonischen Zyklus auf. Als Beispiel hierfür möge Aufschluß 162 (7) dienen. Die Rinne (Abb. 38a) ist in diagonalgeschichtete Grobsande eingeschnitten.

In der fluviatilen Phase eines Sedimentationszyklus treten gelegentlich sogenannte infraformationelle Strukturen auf. Während des Sedimentationsprozesses werden bereits abgelagerte Sedimente (zumeist Tone und Tegel) durch wirbelartige Strömungen aus ihrem Verband paketweise losgelöst und nach kurzer Zeit zusammen mit dem neuzugeführten Material (grobkörniger Sand oder Schotter) resedimentiert. Im Aufschluß 209 (7) sind derartige Sedimentstrukturen zu sehen (Abb. 38b): Unregelmäßige Ton- und Tegelfetzen sind in einem diagonalgeschichteten Grobsand eingebettet. Infraformationelle Strukturen sind typische Sedimentstrukturen der fluviatilen Phase eines Sedimentations-

zyklus. Die Schwermineralanalyse des betreffenden Grobsandes lieferte eine für die GR-Phase charakteristische Assoziation (GR/EP = 6,56, Tabelle 8).

Die Mächtigkeit der mittelpannonischen Schichtfolge läßt sich bloß abschätzen. Die Unterkante des Kapfensteiner Schotters folgt einem topographischen Niveau, das zwischen 330 m und 340 m SH liegt. Die topographisch höchsten mittelpannonischen Vorkommen befinden sich im Hartberger Neogenraum in 400 m SH. Daraus ergibt sich für die mittelpannonische Schichtfolge eine Mächtigkeit von rund 100 m, wobei dem Kapfensteiner Schotter eine Mächtigkeit von 20–30 m zukommt. Diese Mächtigkeitsangaben stimmen gut überein mit jenen, die durch refraktionsseismische Messungen ermittelt wurden. Die Untersuchungen wurden von F. WEBER, R. SCHMÖLLER & G. WALLACH (1981) im Gebiet südlich von Pöllau durchgeführt. Der mittelpannonischen Schichtfolge entspricht die in den refraktionsseismischen Profilen als „stark verfestigtes Tertiär“ mit einer seismischen Geschwindigkeit von  $V_4 = 2540$  m/s ausgeschiedene Schicht. Sie hat in den Profilen eine Mächtigkeit von 80–100 m und liegt über dem Grundgebirge. Diese Mächtigkeitsangaben stimmen ferner überein mit jenen des Ilzer Reviere, wo für die Schichtfolge des mittelpannonischen (Ilzer) Sedimentationszyklus eine Mächtigkeit von 90 m ermittelt wurde (NEBERT, 1983c).

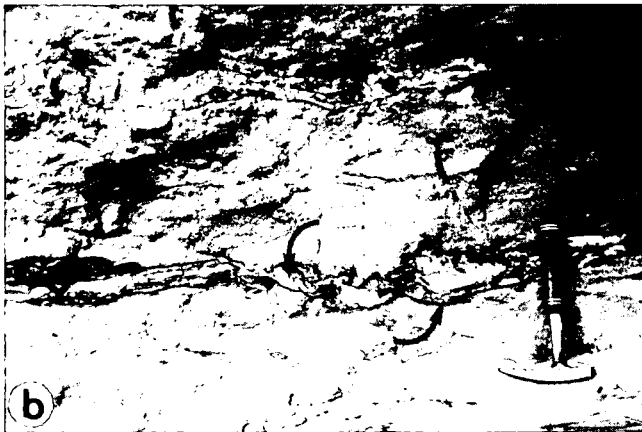


Abb. 38: Foto a: Referenzaufschluß 162 (7). Schotterrinne (Pfeil) eingeschnitten in diagonalgeschichtete Grobsande. Foto b: Aufschluß 209 (7). Intraformationelle Sedimentstruktur (Pfeile) in Grobsanden (Länge des Hammers 32 cm).

### 7.2.3. Altersstellung und Korrelation der mittelpannonischen Ablagerungen

Mit Mikro- und Makrofossilien ließ sich das Alter der mittelpannonischen Ablagerungen untermauern. Aufschluß 238 (8) lieferte die Fossilien. Die Tegelschichten enthielten eine schöne Ostrakodenfauna (s. Tabelle 11), die von M. E. SCHMID in die Zonen A–C eingestuft wurde. An Makrofossilien bestimmte F. STOJASPAL: *Congeria partschi* (CZJZEK), *Congeria cf. subglobosa* (PARTSCH) und *Limnocardium* sp. Hinsichtlich der Alters-einstufung dieser Makrofossilien meint STOJASPAL: „*Cong. partschi* tritt im Pannon C erstmals auf; *Cong. subglobosa* würde auf frühestens Pannon E weisen. Eine genaue Einstufung ist nicht möglich, sie bewegt sich zwi-

Tabelle 11: Fossilfunde aus dem Aufschluß 238 (8).

Zone	Unterpannon		Mittelpannon		Oberpannon
	A	B	C	D	
<b>Ostrakoden</b>					
<i>Erpetocypris reticulata</i> (REUSS)	+	+	+		
<i>Erpetocypris recta</i> (REUSS)	+	+	+		
<i>Cyprideis macrostigma cf. ventricosa</i> KOLLM.	+	+	+		
<i>Eucypris auriculata</i> (MEHES)	+	+	+		
<i>Hemicytheria folliculosa</i> (REUSS)	+	+	+		
<i>Hemicytheria reniformis</i> (REUSS)	+	+	+		
<b>Congerien</b>					
<i>Congeria partschi</i> (CZJZEK)			+	+	+
<i>Congeria cf. subglobosa</i> (PARTSCH)					+

schon Pannon C und E“. Stellt man der Makrofauna die Mikrofauna gegenüber und kombiniert die Alterseinstufung der Ostrakoden mit jener der Congerien (Tabelle 11), so ergibt sich für die Sandfazies des Kapfensteiner Schotters ein Pannonien C, eine Einstufung, die mit der bisherigen Einstufung des Kapfensteiner Schotters gut übereinstimmt (KOLLMANN, 1965; WINKLER, 1933; WINKLER-HERMADEN, 1951). Für die Hangendfolge würde ich ein Pannonien D vorschlagen. Damit ließe sich die gesamte Schichtfolge ins Mittelpannonien stellen. Dabei wurde angenommen, daß *Congeria cf. subglobosa* eine Vorläuferin der *Congeria subglobosa* sei, und daß sie bereits im Niveau des Pannonien D auftreten kann.

Der Sedimentationszyklus des Mittelpannonien des untersuchten Gebietes läßt sich gut mit dem Ilzer Sedimentationszyklus (NEBERT, 1983c) korrelieren. Dieser beginnt desgleichen mit dem Kapfensteiner Schotter. Im weiteren Sedimentationsverlauf entstand das Ilzer Flöz während einer telmatischen Phase. Im Ilzer Revier wird die mittelpannonische Schichtfolge vom Kirchberger Schotter (= Oberpannonien, Zone E) überlagert.

### 7.2.4. Kohlengeologische Bemerkungen zu den Ablagerungen des Mittelpannonien

Im gesamten Bereich des Steirischen Beckens bestanden während der Ablagerung der Sedimente des mittelpannonischen Zyklus günstige klimatische Bedingungen (feucht-warmes Klima) für die Bildung von Kohle. Beispielsweise war zu jener Zeit der Ilzer Raum Teil eines flachen Schelfgebietes (NEBERT, 1983c), das die Entwicklung eines ausgedehnten Moores ermöglichte und somit einen geeigneten Bildungsraum für die Ilzer Kohle schuf. Demgegenüber gehörte der Hartberger Neogenraum und die Friedberg-Pinkafelder Bucht größtenteils dem Beckeninnern an, wo ein geeigneter Bildungsraum offenbar fehlte. Dazu kommen noch die unruhigen Sedimentationsbedingungen, wie sie aus der lithologisch betont heterogenen Ausbildung der mittelpannonischen Schichtfolge abzuleiten wären. Diese Faktoren wirkten sich ungünstig auf die Entwicklung einer telmatischen Phase aus.

Aus der Pöllauer Bucht sind Kohleindikationen (Ausbisse und Schurftätigkeit) östlich von Pöllau bekannt (W. PETRASCHECK, 1951; E. GEUTEBRÜCK, 1980; L. WEBER & A. WEISS, 1983). Sie dürften der mittelpannonischen Schichtfolge angehören und eine telmatische Phase belegen. Eine zur Immediatanalyse eingeschickte Kohlenprobe ergab folgende Ergebnisse: Wasser 44,17 %, Asche 20,54 %, fl. Best. 20,76 % und C-fix 14,55 % (W. PETRASCHECK, 1951). Die Ergebnisse sprechen für eine niedrige Qualität der Kohle.

### 7.2.5. Paläogeographische Hinweise

Während des Unterpannonien war das heutige Gebiet der Pöllauer Bucht noch Teil des Grundgebirgsrahmens des Oststeirischen Beckens. Der Einbruch der Bucht erfolgte an der Wende Unterpannonien – Mittelpannonien, demnach während der intrapannonischen Trockenlegungsphase. Die eingebrochene Bucht bildete einen grabenartigen Längstrog, der zunächst mit grobklastischem Material aufgefüllt wurde.

Diese paläogeographischen Folgerungen ergeben sich aus dem Fehlen der unterpannonischen Sedimente in der Pöllauer Bucht, was auch von den bereits er-

wählten refraktionsseismischen Untersuchungen (WEBER, SCHMÖLLER & WALLACH, 1981) bestätigt wurde, denn die mittelpannonischen Ablagerungen (Schicht  $V_4 = 2540$  m/s) liegen unmittelbar über dem Grundgebirge.

Mit dem Einbruch der Pöllauer Bucht wurden andere Gebietsabschnitte des Steirischen Beckens trockengelegt. Während eines anschließenden fluviatilen Regimes gelangte der Kapfensteiner Schotter und seine Sandfazies zur Ablagerung.

### 7.2.6. Schlußbetrachtungen über die Ablagerungen des Mittelpannonien

Die gesamte Schichtfolge des mittelpannonischen Sedimentationszyklus ist durch eine bemerkenswerte lithologische Heterogenität gekennzeichnet. Zwar beginnt der Zyklus mit einem Basalschotter (Kapfensteiner Schotter), und bezogen auf das Gesamtprofil des Mittelpannonien nimmt die Korngröße der Sedimente in vertikaler Richtung ab, dennoch ist eine unregelmäßige

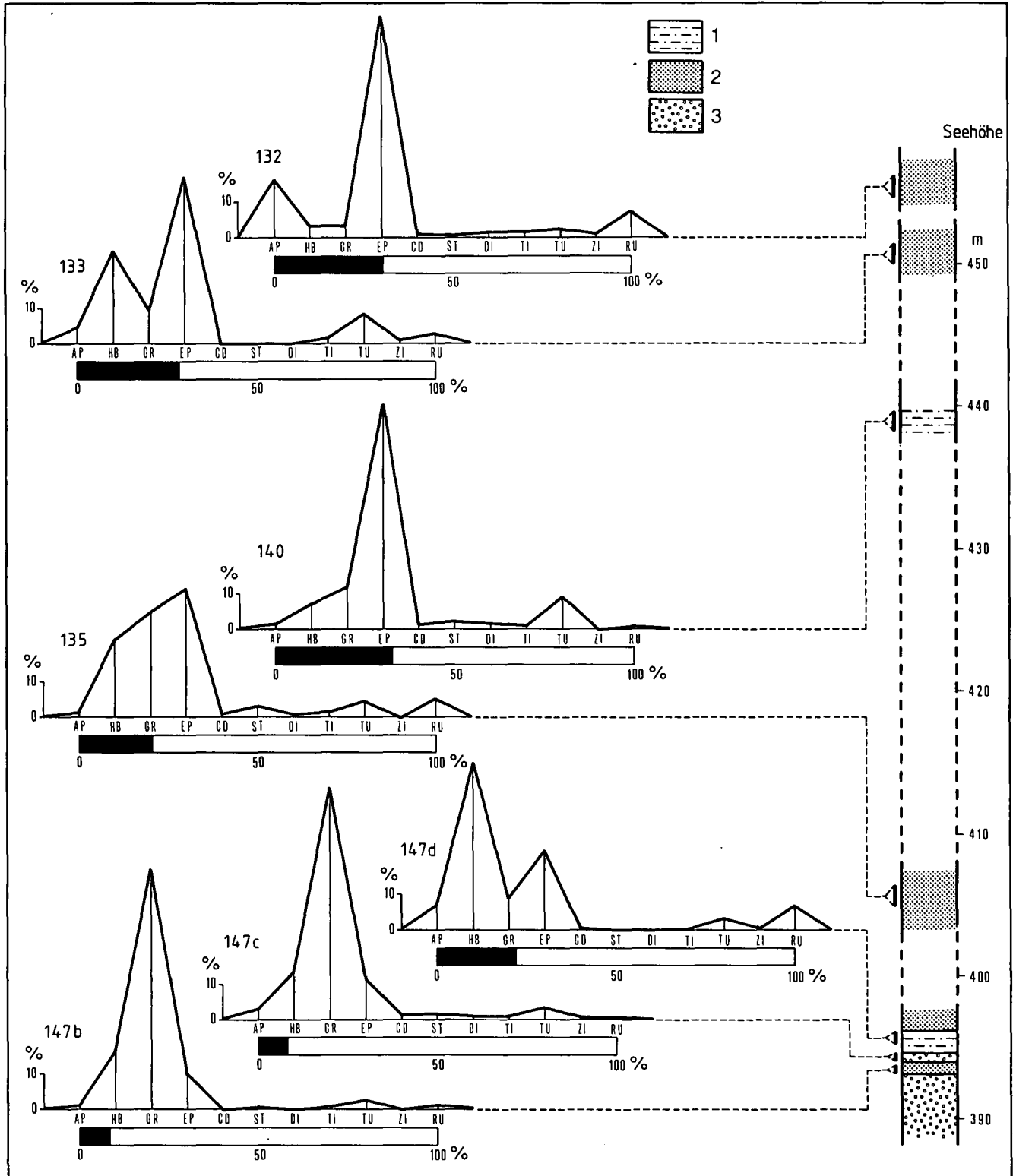


Abb. 39: Referenzprofil, zusammengesetzt aus 5 Aufschlüssen, mit den Schwermineralphasen des mittelpannonischen Sedimentationszyklus. 1 = Tegel; 2 = Sand; 3 = Schotter.

stratigraphische Verteilung der Korngrößen vorhanden. Diagonalgeschichtete Sande und Kleinschotter kommen gelegentlich auch in der limnischen Phase vor.

Der Wandel in der Schwermineralzusammensetzung der Sedimente spiegelt sich deutlich in den Schwermineral-Phasen wider. Das topographische Höhengniveau der Phasengrenzen ist indessen Schwankungen unterworfen. Zudem sind die Grenzen zwischen den einzel-

nen Schwermineral-Phasen nicht immer scharf, es treten Übergänge auf, in denen die betreffenden Phasen innerhalb eines kurzen Profilschnittes alternieren, wie dies beispielsweise in Referenzaufschluß 162 (7) (Abb. 37) der Fall ist.

In instruktiver Weise äußert sich der Schwermineral-Phasenwechsel in Referenzprofilen, die aus mehreren Aufschlüssen verschiedener Höhenlagen zusammenge-

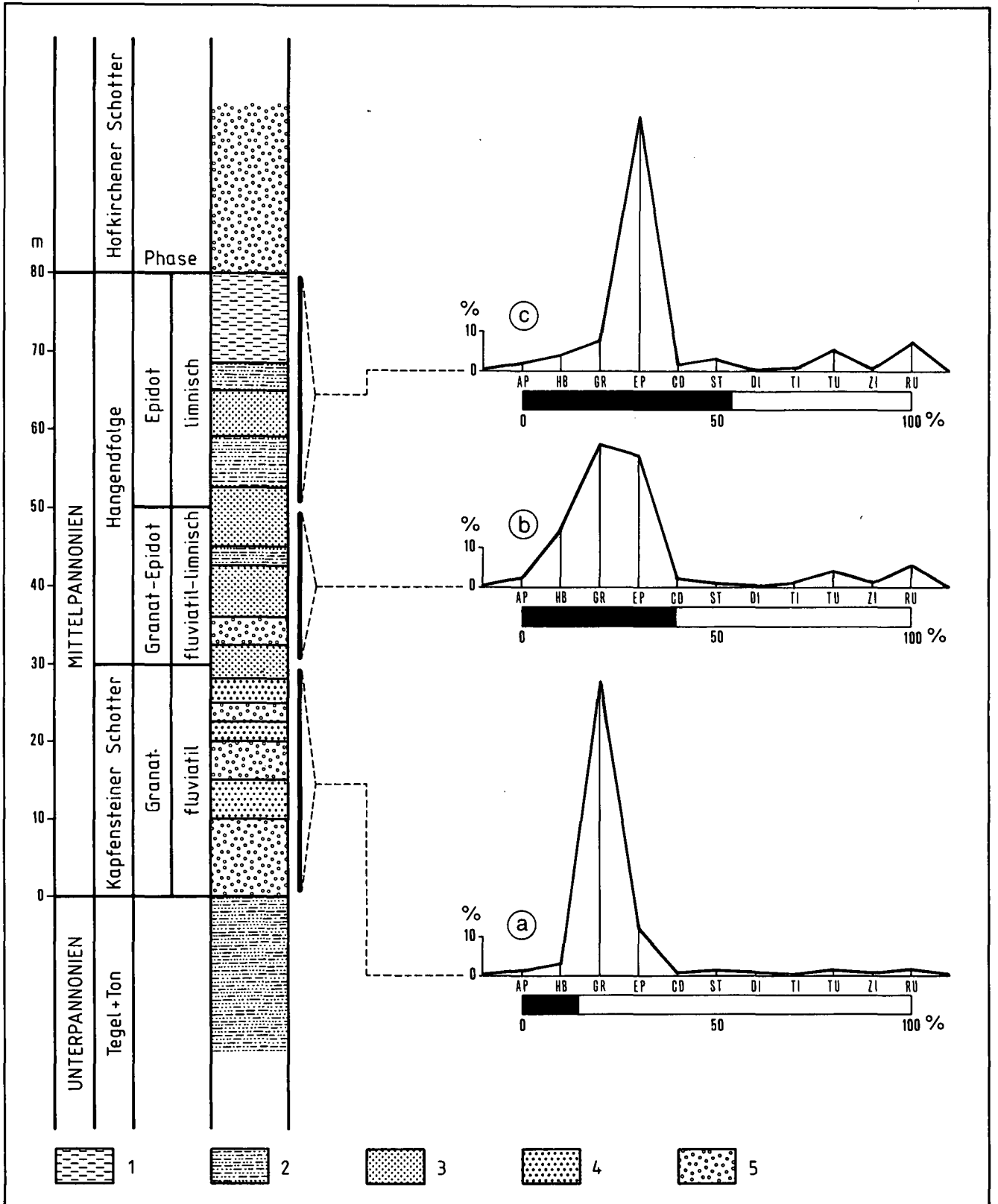


Abb. 40: Schema des mittelpannonischen Sedimentationszyklus mit seinen drei Phasen. 1 = Tegel; 2 = Tegel; 3 = Feinsand; 4 = Grobsand; 5 = Schotter.

Tabelle 12: Prozentuelle Zusammensetzung der Schwermineralphasen des mittelpannonischen Sedimentationszyklus.

PHASE	OPAK	DURCH.	AP	HB	GR	EP	CD	ST	DI	TI	TU	ZI	RU	GR/EP
EP	53,8	46,2	2,1	4,3	8,1	64,6	1,4	3,1	0,6	1,5	5,4	1,3	7,6	0,13
GR-EP	39,5	60,5	3,0	12,1	36,4	33,5	1,6	1,2	0,3	1,3	3,5	1,2	5,8	1,09
GR	14,3	85,7	1,9	3,0	76,2	12,3	0,4	1,1	0,2	0,6	2,1	0,3	1,9	6,19

setzt sind. Ein solches Referenzprofil ist in Abb. 39 zu sehen. Es ist aus fünf Aufschlüssen zusammengesetzt, die in unterschiedlichen topographischen Niveaus liegen. Alle Aufschlüsse befinden sich auf Kartenblatt 6. Das Referenzprofil präsentiert sämtliche Schwermineralphasen eines Sedimentationszyklus. In Aufschluß 147 ist die GR-Phase durch die Histogramme 147b und 147c vertreten (GR/EP-Verhältnis = 7,24 bzw. 5,96). Beprobte wurden Kleinschotter und Grobsande der Kapfensteiner Fazies. Die Tegel im oberen Abschnitt des gleichen Aufschlusses lieferten ein Schwermineral-Histogramm (147d), das bereits der GR-EP-Phase zugeordnet werden muß (GR/EP = 0,35). Die GR-EP-Phase wird noch durch das Histogramm des Aufschlusses 135 (6) belegt (Feinsand, GR/EP = 0,66; vgl. Tabelle 9). Die Histogramme der topographisch höherliegenden Aufschlüsse 140 (6), 133 (6) und 132 (6) vertreten bereits die EP-Phase (GR/EP = 0,19 bzw. 0,05; Tabelle 10). Beprobte wurden Tegel und Feinsande (Mehlsande). In allen Histogrammen ist der überaus hohe HB-Anteil auffallend. Er ist auf einen kurzen Transportweg des Liefermaterials zurückzuführen.

Der Sedimentationszyklus des Mittelpannonien kann infolgedessen als ein kompletter Zyklus aufgefaßt werden. Alle drei Phasen eines Sedimentationszyklus sind gut vertreten: die fluviatile Phase bzw. GR-Phase, die fluviatil-limnische Phase bzw. GR-EP-Phase und die limnische Phase bzw. EP-Phase (Abb. 40). Die lithofaziellen Phasen gehen konform mit den Schwermineralphasen.

Aus dem reichen Probenmaterial (94 Sedimentproben; s. Tabellen 8, 9 und 10) wurde für jede Phase als arithmetisches Mittel eine Durchschnittszusammensetzung ihrer Schwermineralassoziation berechnet (Tabelle 12) und als Standardhistogramm in Abb. 40 dargestellt. Das resultierende Schema ist das Musterbeispiel eines Sedimentationszyklus, ähnlich wie er erstmalig bei den Eibiswalder Schichten (NEBERT, 1983b) festgestellt wurde.

GR ist zu Beginn des mittelpannonischen Zyklus mit einem Spitzenwert von 76,2 % vertreten und bildet das dominierende Maximum im Histogramm (a, Abb. 40) der fluviatilen Phase bzw. GR-Phase. Er nimmt in vertikaler Richtung rapide ab und hat in der limnischen Phase bzw. EP-Phase einen bescheidenen Anteil von nur noch 8,1 %. Dieser Wechsel äußert sich entsprechend auch im GR/EP-Verhältnis (vgl. Tabelle 12). Daß die GR-Abnahme das Ergebnis eines Zersetzungsprozesses ist (s. Abb. 5), wurde ausführlich im Kapitel 3.2. besprochen.

Parallel zur GR-Abnahme verläuft eine Zunahme der MIRE-Mineralien. Dies ist speziell bei EP der Fall (Abb. 4), der in der limnischen Phase bzw. EP-Phase einen Spitzenwert von 64,6 % (Tabelle 12) erreicht und im Standarddiagramm (c, Abb. 40) ein dominierendes Hauptmaximum erzeugt. Aber auch der Gehalt der übrigen MIRE-Mineralien (CD, ST, DI und TI) nimmt zu (vgl. Tabelle 12), was auf ihre relative Anreicherung im Liefergebiet zurückzuführen ist.

Eine Zunahme in zeitlicher Richtung verzeichnet auch der EXRE-Gehalt (Tabelle 12). Im Standardhistogramm c (Abb. 40) bilden die EXRE-Mineralien ein kleines Nebenmaximum.

Auch der opake Anteil von 14,3 % in der GR-Phase steigt auf 53,8 % in der EP-Phase. Er resultiert aus der GR-Zersetzung (s. Kapitel 3.2. und Abb. 5).

Abschließend wird auch auf das Verwitterungsdiagramm des mittelpannonischen Zyklus in Abb. 6 hingewiesen. Es zeigt anschaulich den Verlauf der drei Schwermineralphasen.

## 8. Die Ablagerungen des Pliozän

Dem Pliozän wurden klastische bis extrem grobklastische Sedimente zugeordnet, die über älteren, zumeist feinkörnigen Sedimenten (Tauchen-Formation, Mittelpannonien) oder über dem kristallinen Grundgebirge zu liegen kommen. Sie füllen Rinnen auf oder bilden Decken auf langgestreckten und flachen Bergrücken. Übereinstimmung besteht zum Teil auch in der Zusammensetzung ihrer Schwermineralassoziation.

Folgende Ablagerungen, die den oben angeführten sedimentologisch-lithologischen Merkmalen entsprechen, wurden vorläufig ins Pliozän gestellt:

- Hofkirchener Schotter
- Pliozäne Terrassenablagerungen
- Grobklastischer Komplex der Pöllauer Bucht
- Vorauer Serie.

### 8.1. Hofkirchener Schotter

Erstmalig wurde der Hofkirchener Schotter im Gebiet der Ortschaft Hofkirchen (10) nachgewiesen (NEBERT, 1952). Seine Verbreitung beschränkt sich auf den westlichen Abschnitt des Erkundungsgebietes, und zwar kommt er im Süden der Pöllauer Bucht vor. Dort nimmt er die Höhen zwischen 390 und 400 m SH ein und bedeckt in einer Mächtigkeit von wenigen Metern die flachen Bergrücken (10). Dank seiner typischen lithologischen Ausbildung läßt er sich auf den Äckern gut verfolgen.

Gute Aufschlüsse fehlen. Die vier beprobten Stellen sind kleine Gruben oder Weganschnitte, deren Aufschlußhöhe unter 1 m liegt.

Der manchenorts diagonalgeschichtete Hofkirchener Schotter setzt sich aus gut gerundeten Kristallin- und Quarzkomponenten zusammen, die maximal die Größe einer Walnuß (253 und 254, Kartenblatt 10) erreichen. Sein Hangendes nehmen geringmächtige, grob- bis feinkörnige Sande ein (254, 255 und 256, Kartenblatt 10).

Das Standardhistogramm a in Abb. 41 stellt das arithmetische Mittel aus 4 Proben dar (s. Tabelle 13). Das Hauptmaximum wird von EP (52,2 %) geliefert. Zusätzlich bilden die EXRE-Mineralien ein Nebenmaximum

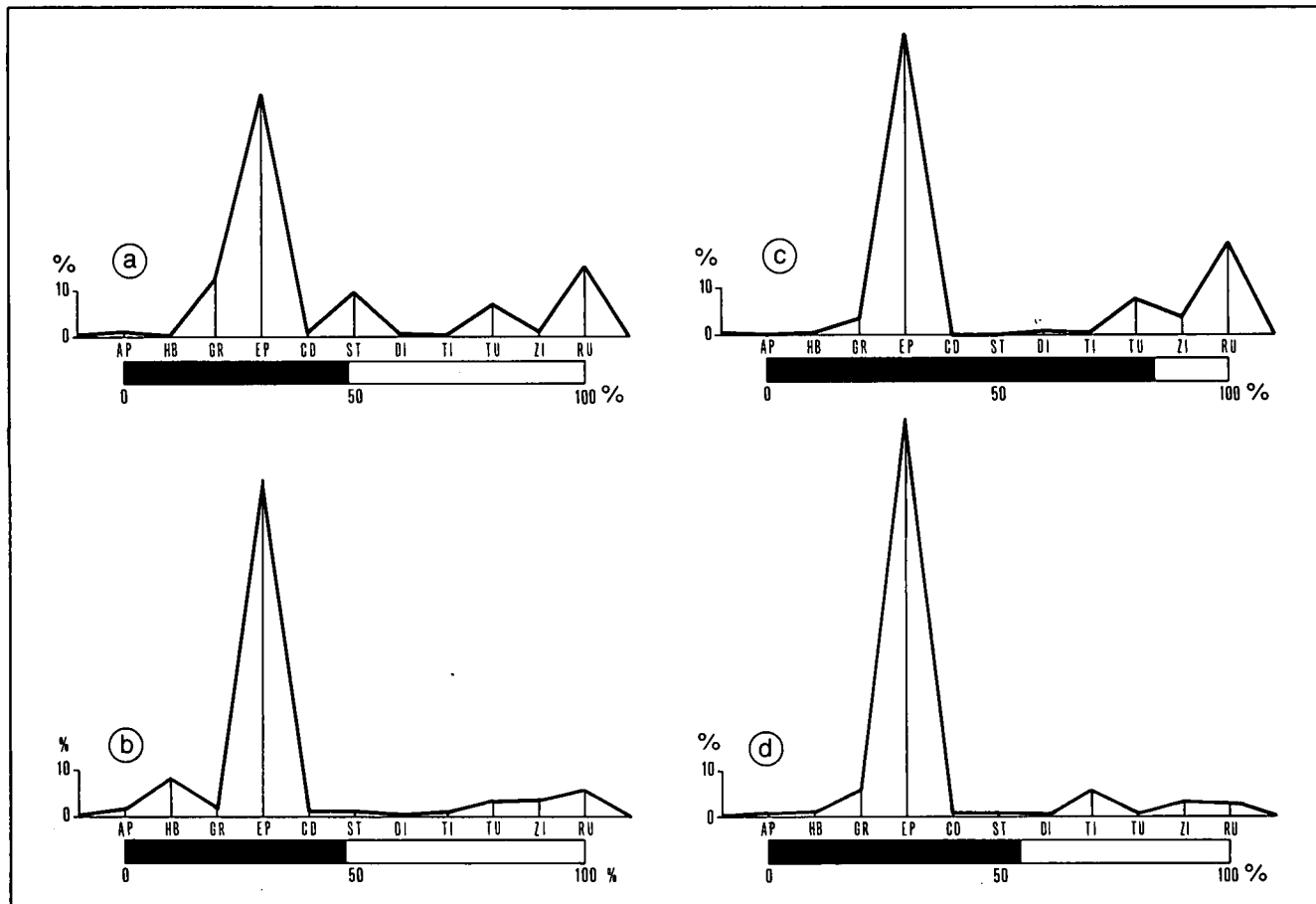


Abb. 41: Standardhistogramme der pliozänen Ablagerungen. a = Hofkirchener Schotter; b = pliozäne Terrassenablagerungen; c = grobklastischer Komplex; d = Vorauer Serie.

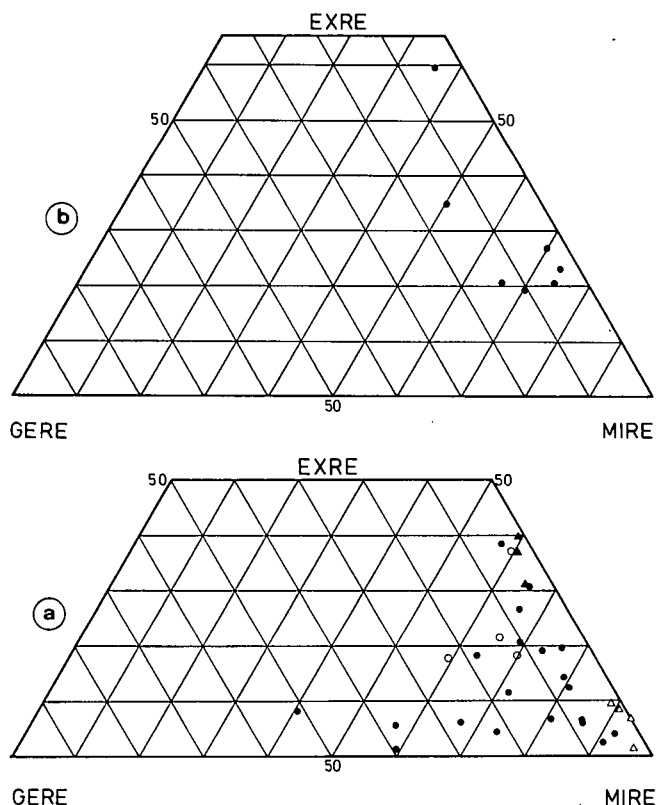


Abb. 42: Verwitterungsdiagramme. a = pliozäne Ablagerungen; ○ = Hofkirchener Schotter; ● = pliozäne Terrassenablagerungen; ▲ = grobklastischer Komplex; △ = Vorauer Serie. b = quartäre Terrassenablagerungen.

(23,5 %). Diese Schwermineralassoziation ist für ein verwittertes, d. h. „nicht frisches“ Liefermaterial charakteristisch und kennzeichnet Terrassenablagerungen, was auch von der Lage der vier Proben (leere Ringlein) im Verwitterungsdiagramm (a, Abb. 42) bestätigt wird. Dieselben fallen in den Bereich quartärer Terrassenablagerungen (vgl. hierzu Diagramm b, Abb. 42). Hervorzuheben wäre noch der erhöhte Gehalt an ST (9,7 %) sowie ein geringer Beryll-Anteil (bis 2,5 %, nicht angeführt in Tabelle 13) in den Proben.

Mangels Vergleichsmöglichkeiten wurde der Hofkirchener Schotter und seine Sande altersmäßig anfangs ins Oberpannon (Zone E) eingestuft (NEBERT, 1952 und 1984a) und mit dem Kirchberger Schotter korreliert (NEBERT, 1983c). Für diese Einstufung fehlten paläontologische Beweise. Im Gegensatz zum Hofkirchener Schotter besitzt der Kirchberger Schotter alle drei Phasen eines Sedimentationszyklus, er ist somit ein kompletter Zyklus. Der Hofkirchener Schotter ist es nicht, denn er belegt lediglich die EP-Phase. Seine Schwermineralassoziation (EXRE-Nebenmaximum) weist, wie bereits gesagt, eher auf Terrassenablagerungen des Pliozän hin.

## 8.2. Pliozäne Terrassenablagerungen

Im Ostabschnitt des Hartberger-Neogengebietes und in der Friedberg-Pinkafelder Bucht liegen unmittelbar über feinkörnigen Sedimenten der mittelpannonischen Hangendfolge betont grobklastische Sedimente, die überwiegend aus Blockschutt und Schotter bestehen. Sie bilden km-lange, zusammenhängende Decken auf

Tabelle 13: Schwermineralliste der Ablagerungen des Pliozän (Anzahl der gezählten Körner).

PROBENR.	TOTAL	OPAK	DURCHS.	AP	HB	GR	EP	CD	ST	DI	TI	TU	ZI	RU	GR/EP
<b>HOFKIRCHENER SCHOTTER:</b>															
253 (10)	483	265	218	1	1	47	105	3	20	-	2	13	4	22	0,45
254 (10)	421	195	226	-	-	29	99	1	43	-	1	13	2	33	0,29
255 (10)	347	120	227	1	-	27	137	1	20	1	-	21	1	18	0,20
256 (10)	500	272	228	-	-	8	128	4	4	-	-	13	2	69	0,06
Summe	1751	852	899	2	1	111	469	9	87	6	3	60	9	142	0,24
<b>PLIOZÄNE TERRASSENABLAGERUNGEN:</b>															
73 (3)	394	190	204	2	-	12	178	3	2	-	2	2	1	2	0,07
90 (2)	717	481	236	-	-	9	153	-	-	-	1	1	57	15	0,06
100 (2)	299	62	237	-	6	12	202	2	-	-	1	-	2	12	0,06
101 (2)	353	130	223	-	46	4	156	1	1	-	5	2	2	6	0,03
106 (2)	280	46	234	-	100	21	90	1	-	-	3	5	2	12	0,23
107a (2)	288	60	228	-	23	15	160	-	-	-	3	2	10	15	0,09
107b (2)	289	39	250	2	12	4	186	1	-	-	9	1	14	21	0,02
107c (2)	270	32	238	1	79	9	134	-	-	-	2	1	6	6	0,07
130 (2)	313	88	225	5	44	12	145	4	-	-	2	5	1	7	0,08
150 (6)	496	272	224	2	13	8	147	1	5	2	-	21	2	23	0,05
151a (6)	406	169	237	26	16	2	136	6	-	1	8	22	4	16	0,01
151b (6)	458	224	234	1	7	2	208	6	1	-	-	7	1	1	0,01
152a (6)	385	135	250	2	17	-	173	6	3	1	1	26	5	16	0,00
152b (6)	784	578	206	1	78	1	122	-	-	1	-	1	1	1	0,01
156a (8)	344	117	227	2	9	6	146	-	-	3	1	21	6	33	0,04
156b (8)	494	265	229	-	16	2	198	-	-	-	1	10	-	2	0,01
157 (8)	323	106	217	1	13	13	173	-	2	-	-	9	2	4	0,08
192 (8)	498	285	213	-	4	5	115	4	2	-	1	22	9	51	0,04
237 (8)	389	158	225	2	8	5	172	3	3	-	4	7	1	20	0,03
239 (8)	436	217	219	2	2	5	158	1	4	-	4	19	3	21	0,03
Summe	11800	5575	6225	58	500	186	4535	45	31	10	110	190	223	337	0,04
<b>GROBKLASTISCHER KOMPLEX:</b>															
274 (10)	1503	1344	159	-	1	6	102	-	-	-	-	19	2	29	0,06
275 (9)	1078	854	224	-	-	3	125	-	-	6	1	18	5	66	0,02
276a (9)	1255	1004	251	-	-	7	150	-	-	-	1	14	18	61	0,05
Summe	3836	3202	634	-	1	16	377	-	-	6	2	51	25	156	0,04
<b>VORAUER SERIE:</b>															
96 (2)	526	271	255	5	-	1	238	-	6	2	-	1	-	2	0,004
97 (2)	859	624	235	-	-	3	205	-	-	-	9	-	8	10	0,01
98 (2)	403	157	246	-	-	-	204	1	-	-	24	2	13	2	0,00
99 (2)	392	136	256	2	1	2	203	-	-	-	25	-	13	10	0,01
Summe	2180	1188	992	7	1	6	850	1	6	2	58	3	34	24	0,01

längsgestreckten Bergrücken, die sich von NNW nach SSE im gesamten Ostabschnitt des Erkundungsgebietes erstrecken (1, 2, 3, 5, 6 und 8).

Blockschutt ist das lithotype Sediment. Er ist in einer Mächtigkeit von einigen Metern entlang von neuangelegten Forstwegen sehr gut aufgeschlossen (z. B. Aufschlüsse 150, 151, 152, 153, 156, 157 und 159, Kartenblätter 6 und 8). Kies- und Sandlagen begleiten den Schutt. Die Abrollung der überwiegend aus Quarz bestehenden Schuttbestandteile ist gut (Abb. 43a). Die Größe der Gerölle schwankt von ganz kleinen bis zu kopfgroßen, in seltenen Fällen bis zu Blöcken von 0,5 m Durchmesser. Eine Sortierung nach Korngröße ist nicht vorhanden, denn Gerölle verschiedener Größe liegen bunt durcheinander, die kleinen in den Lücken der großen.

Referenzaufschluß 150 (6) zeigt den lithologischen Charakter des Schutts (Abb. 43a). Eine ihm entnommene Probe ist durch ein EP-Hauptmaximum (65,6 %) und ein EXRE-Nebenmaximum (20,5 %) ausgezeichnet. Der opake Anteil überschreitet 50 % (Abb. 44, unten).

Das arithmetische Mittel von 20 Proben (Tabelle 13) ergab ein Standardhistogramm (b, Abb. 41) mit einem EP-Spitzenwert von 72,8 %. Hervorzuheben wäre der äußerst geringe GR-Anteil (3,0 %), wodurch das GR/EP-Verhältnis auf einen Minimalwert von 0,04 gesenkt wurde. Die meisten Proben (volle Ringlein) nehmen im Verwitterungsdiagramm (a, Abb. 42) den Bereich von Terrassenablagerungen ein. Jene Proben (z. B. 101, 106, 107c, 152b), die einen betont hohen HB-Gehalt aufweisen, liegen außerhalb des Bereiches der Terrassenablagerungen, sie nähern sich der GERE-Spitze des



Abb. 43: Foto a: Blockschutt in Referenzaufschluß 150 (6). Foto b: Referenzaufschluß 276 (9). Erläuterung im Text (Hammerlänge 32 cm).

Dreiecks. Ihr Sedimentmaterial muß einen kurzen Transportweg zurückgelegt haben. Die EXRE-Mineralien erreichen zusammen 12,0 %. Es sind dies Werte, die für Terrassenablagerungen charakteristisch sind. Bei einigen Proben (z. B. 150, 151a, 152a, 156a und 192, Tabelle 13) tritt der Charakter einer Terrassenablagerung durch den hohen Gehalt an EXRE-Mineralien prägnant hervor.

Die in Frage stehenden Sedimente sind fossillier. Ihr Alter läßt sich infolgedessen nur aus den bestehenden Lagerungsverhältnissen ableiten. Sie überdecken die feinklastischen Ablagerungen des Mittelpannonien und werden ihrerseits von quartären Ablagerungen überlagert (6 und 8). Oberpannonien und Pontien fehlen im Erkundungsgebiet. Eine Einstufung dieser Ablagerungen ins Pliozän erscheint somit sinnvoll und erhält eine Stütze aus der Zusammensetzung ihres Schwermineralgehaltes. Im Neogengebiet von Tauchen, Bubendorf und Draßmarkt wurden nämlich ähnliche grobklastische Sedimente (Rabnitz-Formation) mit einer analogen Schwermineralassoziation (EP-Hauptmaximum, EXRE-Nebenmaximum, hoher OPAK-Gehalt) ins Dazien gestellt (NEBERT, GEUTEBRÜCK & TRAUSSNIG, 1980).

Die besprochenen grobklastischen Sedimente des Hartberger Neogenraumes könnten somit pliozäne Terrassenablagerungen darstellen.

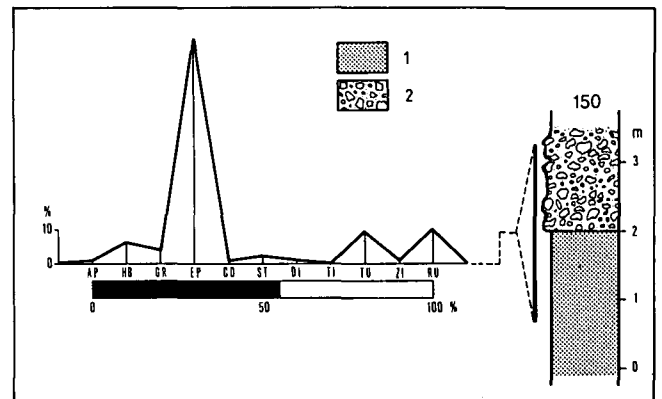
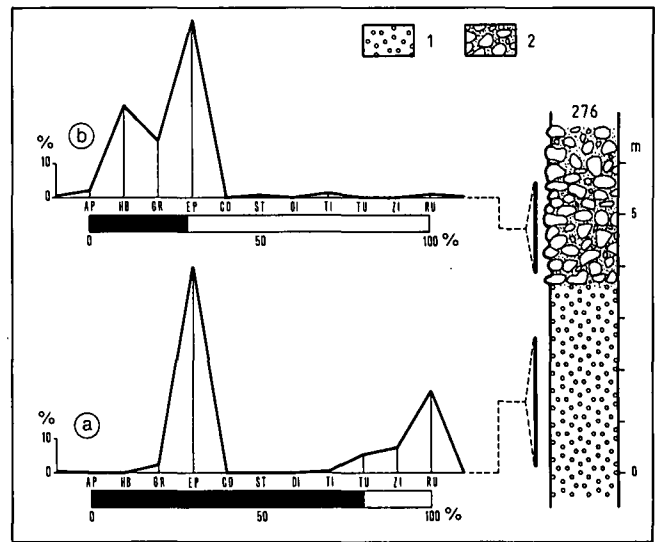


Abb. 44: Oben: Referenzaufschluß 276 (9); 1 = Kleinschotter; 2 = Blockschutt. Unten: Referenzaufschluß 150 (6); 1 = Sand; 2 = Blockschutt. Erläuterungen im Text.

### 8.3. Grobklastischer Komplex der Pöllauer Bucht

Der Nordabschnitt der Pöllauer Bucht wird von grobklastischen Sedimenten eingenommen (9 und 10). Es sind dies: Blockschutt, Schotter und Grobsande. Zwar ergeben diese Sedimente lithofaziell einen einheitlichen Komplex, der im folgenden als „grobklastischer Komplex“ bezeichnet wird, altersmäßig setzt er sich jedoch aus verschiedenalten Ablagerungen zusammen.

Der unterste Abschnitt des grobklastischen Komplexes dürfte dem Mittel- und Oberpannonien angehören. Er liegt unmittelbar über dem Grundgebirge. Möglich wäre es, daß ein weiterer Teil des Komplexes während des Pontien zur Ablagerung gelangte. Direkte Beweise fehlen hierfür. Der Hauptanteil des grobklastischen Komplexes wurde jedoch während des Pliozän sedimentiert. Und schließlich gelangte der jüngste Anteil des Komplexes während des Quartärs zur Ablagerung.

Dieser lithologisch und altersmäßig heterogen aufgebaute Komplex wurde auf der geologischen Karte der Einfachheit halber als „Pliozän“ ausgeschieden, denn eine Untergliederung nach dem jeweiligen Alter war nicht möglich.

Der untere Abschnitt des grobklastischen Komplexes ist an einem Prallhang des Dürr-Safenbaches, etwa



0,3 km nördlich der Ortschaft Höbling, bei Pöllau (9), in einer Höhe von über 40 m freigelegt (Aufschluß 277). Blockschutt, Konglomerat, Schotter und Grobsand sind zu sehen. Die aus Quarz und kristallinem Gestein bestehenden Klasten sind mäßig- bis kantengerundet. Eine Probe aus dem tiefsten Profilmiveau lieferte eine Schwermineralassoziaton, die typisch für die EP-Phase (GR/EP = 0,07) ist; vermutlich handelt es sich hierbei um die EP-Phase des mittelpannonischen Sedimentationszyklus. Wegen der Steilheit der Aufschlußwand ließen sich keine weiteren Proben dem freigelegten Profil entnehmen.

Dieser untere Abschnitt des grobklastischen Komplexes wurde auch von den refraktionsseismischen Untersuchungen erfaßt und als „stark verfestigtes Tertiär  $V_4 = 2540 \text{ m/s}$ “ in den seismischen Profilen ausgeschieden (WEBER, SCHMÖLLER & WALLACH, 1981).

Der mittlere Abschnitt des grobklastischen Komplexes führt einige instruktive Aufschlüsse. Zu seiner lithologischen und sedimentologischen Typisierung wird Referenzaufschluß 276 (9) herangezogen (Abb. 43b). Hierbei handelt es sich um eine aufgelassene Ziegelei, südöstlich von Pöllau. Zuerst ist ein Kleinschotter mit erbsen- bis haselnußgroßen, kantengerundeten Quarz- und Kristallinkomponenten aufgeschlossen. Eine entnommene Probe (a, Abb. 44, oben) wurde auf Schwermineralien untersucht. Die Schwermineralassoziaton zeigt ein EP-Hauptmaximum (59,8 %) und ein EXRE-Nebenmaximum (37,1 %), das GR/EP-Verhältnis beträgt 0,05. Der opake Anteil ist mit 80 % beachtlich.

Das aus drei Sedimentproben (s. Tabelle 13) ermittelte Standardhistogramm (c, Abb. 41) dieses mittleren Abschnitts des grobklastischen Komplexes zeigt eine Zusammensetzung, die für ein verwittertes, „nicht frisches“ Liefermaterial charakteristisch ist: GR-Gehalt (2,5 %) extrem reduziert, ein EP-Hauptmaximum (59,5 %) und ein EXRE-Nebenmaximum (36,5 %), GR/EP = 0,04, beachtliche OPAK-Anreicherung (83,5 %).

Dem mittleren Abschnitt des grobklastischen Komplexes entspricht in den erwähnten refraktionsseismischen Profilen das „mäßig verfestigte Tertiär  $V_3 = 1820 \text{ m/s}$ “. Seine seismisch ermittelte Mächtigkeit dürfte zwischen 30 m und 50 m liegen (WEBER, SCHMÖLLER & WALLACH, 1981).

Auf Grund ihres lithologischen Erscheinungsbildes und der Zusammensetzung ihres Schwermineralgehaltes lassen sich die Sedimente des mittleren Abschnitts des grobklastischen Komplexes sehr gut mit den gleichfalls grobklastischen pliozänen Terrassenablagerungen des erkundeten Gebietes korrelieren. Sie stellen einen von Wildbächen zugeführten Schutt dar.

Der obere Abschnitt des grobklastischen Komplexes bildet eine 10 m – 15 m dicke Decke aus einem lockeren Blockschutt. In den refraktionsseismischen Profilen ist er als „Lockerschicht  $V_2 = 910 \text{ m/s}$ “ ausgeschieden (WEBER, SCHMÖLLER & WALLACH, 1981). Dieser Lockerschicht wird ein quartäres Alter zugerechnet.

Der quartäre Blockschutt ist in dem vorhin angeführten Referenzaufschluß 276 (9) freigelegt. Er besteht aus locker gepackten, verschiedengroßen Klasten aus kristallinem Gestein und aus Quarz (Abb. 43b). Eine Sortierung oder Klassierung fehlt dem Schutt. Die sandig-tonige Matrix ist nur spärlich vorhanden.

Eine Probe wurde dem Schutt in Aufschluß 276 (9) entnommen. Die betreffende Schwermineralzusammensetzung (Histogramm b, Abb. 44, oben) unterscheidet sich wesentlich von jener des darunterliegenden Klein-

schotters (Histogramm a). Das GR/EP-Verhältnis des quartären Blockschutts liegt mit 0,32 im Bereich der GR-EP-Phase. Ein EXRE-Nebenmaximum fehlt. Auffallend ist der hohe HB-Anteil (26,8 %; HB/DURCHS. = 0,27). Offenbar haben wir es bei diesem lockeren Blockschutt mit einer Ablagerung zu tun, die neben ihrem jungen Alter (Quartär) einen kurzen Transportweg zurückgelegt hat. Das Liefermaterial dürfte auch frisches Gesteinsmaterial enthalten haben.

Da die Hauptmasse des grobklastischen Komplexes in der Pöllauer Bucht dem mittleren Abschnitt (Pliozän) angehört und eine Trennung der verschiedenalten grobklastischen Sedimente kartenmäßig nicht durchführbar ist, wurde, wie bereits angedeutet, der Einfachheit halber der gesamte grobklastische Komplex auf der geologischen Karte als Pliozän ausgeschieden (9 und 10).

#### 8.4. Vorauer Serie

Beginnend etwa bei den Ortschaften Burgfeld und Riegl (2), erstreckt sich eine mehrere Kilometer lange, mit grobklastischem Material angefüllte Rinne westwärts nach Vorau (liegt außerhalb des Erkundungsgebietes). Die Sedimente dieser Rinne sind in der geologischen Literatur unter dem Namen „Vorauer Serie“ bekannt (HAYR, 1951; HERRMANN, 1977 und 1978; WINKLER-HERMADEN, 1951).

Die lithologische Ausbildung der Vorauer Serie ist sehr charakteristisch. Ein Blockschutt bildet das lithotypische Element der Vorauer Serie. Dem Blockschutt zwi-



Abb. 45: Foto a: Kollektion von kantengerundeten und kanteneckigen Quarzklasten der Vorauer Serie; Fundstelle 95 (2), Acker. Foto b: Quarzit-Riesenblock der Vorauer Serie; Fundstelle 95 (2). Hammerlänge 32 cm.

schengelagert beobachtet man auch reine Sandlagen.

Der Vorauer Blockschutt unterscheidet sich jedoch wesentlich vom Sinnersdorfer Blockschutt sowie von den Geröllen der pliozänen und quartären Terrassenablagerungen. Während die Riesenklaster des Sinnersdorfer Blockschutts fast nur aus kristallinem Gestein und äußerst wenig Quarz (2 %) bestehen, setzt sich der Vorauer Blockschutt bis zu 80 % aus Quarz und 20 % aus Quarzit zusammen. Andere kristalline Gesteine sind nicht vertreten. Die Matrix ist sandig-tonig ausgebildet. Das charakteristische Merkmal des Vorauer Blockschutts ist jedoch die Abrollung seiner Klaster. Gleichviel, ob es sich um kleinere Komponenten handelt (Abb. 45a) oder um Riesenblöcke von über 1 m Durchmesser (Abb. 45b), stets sind die Klaster kanteneckig oder höchstens kantengerundet, niemals vollkommen gerundet, wie dies bei den Sinnersdorfer Klaster oder bei den anderen pliozänen bzw. quartären Geröllen der Fall ist. Kantengerundete Quarzklaster in allen Größen prägen den lithologischen Charakter des Vorauer Schutts.

Die Schwermineralassoziation der Vorauer Sedimente weicht insofern von den Assoziationen der bisher besprochenen pliozänen Ablagerungen ab, als ein EXRE-Nebenmaximum fehlt. Das aus 4 Proben (Tabelle 13) berechnete Standardhistogramm (d, Abb. 41) besitzt zwar ein dominierendes EP-Maximum (85,7 %), die EXRE-Mineralien erreichen lediglich einen Gesamtanteil von 6,1 %. HB fehlt oder ist nur in Spuren zugegen. Daraus ließe sich für das Liefermaterial ein langer Transportweg ableiten.

Altersmäßig wurde die Vorauer Serie vorläufig ins Pliozän gestellt. Aus der lithologischen Faziesanalyse muß auf ein akzentuiertes Relief im Bereich des Alimentationsgebietes sowie auf eine erhöhte Reliefenergie geschlossen werden. Die lithologische Ausbildung der Vorauer Serie erinnert stark an Ablagerungen von Muren.

## 9. Die Ablagerungen des Quartärs

Bei der Besprechung des Quartärs müssen folgende Ablagerungen berücksichtigt werden:

- Schuttmantel des kristallinen Grundgebirgsrahmens
- Terrassenbildungen
- Alluvionen.

### 9.1. Der Schuttmantel entlang des kristallinen Grundgebirgsrahmens

Der Schuttmantel umsäumt die Südgrenze des kristallinen Grundgebirgsrahmens. Er beginnt bei Hartberg

(7) und zieht sich westwärts bis in die Pöllauer Bucht.

Der Schutt stellt ein von Wildbächen aufgeschüttetes grobklastisches Material dar. Er liegt zum Teil unmittelbar auf kristallinem Grundgebirge, zum Teil auf Sand und Tegel des Unter- bzw. des Mittelpannonien. Entlang der Hauptschüttungsrichtungen entstanden Schuttkegel.

Der Blockschutt besteht aus lose zusammengehaltenen Klaster, die von kristallinen Gesteinen stammen. Die Größe der Komponenten schwankt von ganz kleinen Klaster bis zu Blöcken von über 1 m Durchmesser. Die Matrix ist sandig-tonig.

Möglicherweise enthält der Schuttmantel z. T. auch ein älteres Blockmaterial, eine Trennung zwischen den verschiedenalten Blockschuttmassen ist jedoch nicht durchführbar.

## 9.2. Quartäre Terrassenbildungen

Nicht nur das Pliozän stand im Steirischen Becken im Zeichen eines fluviatilen Regimes, sondern auch das Quartär. Die hierbei erzeugten Schotter- und Lehmaufschüttungen bei gleichzeitiger Landschaftsformung ergaben ausgedehnte Terrassensysteme.

In der Pöllauer Bucht tritt neben dem quartären Blockschutt, der beim grobklastischen Komplex des Pliozäns besprochen wurde (Kapitel 8.3.), ein quartärer Streifen entlang der NE-Taiflanke des Pöllauer Safenbaches auf (10). Er setzt sich aus Terrassenablagerungen (Lehm, Sand und Schotter) zusammen.

Südwestlich von Hartberg (7) sind Terrassenablagerungen (Lehm und Schotter) an morphologisch gut entwickelte Verebnungsflächen gebunden. Ausgedehnte Terrassenablagerungen des Quartärs finden wir im Osten des Erkundungsgebietes (2, 3 und 6). Sie erstrecken sich dort in der Regel entlang der rechten Talflanke von größeren Entwässerungsadern (Pinka, Lafnitz). Sie bestehen aus Sand und Schotter. Letzterer führt örtlich einzelne gutgerundete, kopfgroße Quarzklaster.

Der lithofazielle Charakter sowie der Schwermineralgehalt der quartären Terrassenablagerungen wurde bei einigen Referenzaufschlüssen (z. B. 189, Abb. 3) besprochen. Das arithmetische Mittel von 7 Sedimentproben (Tabelle 14) ergab ein Standardhistogramm (Abb. 46), das als charakteristisch für quartäre Terrassenablagerungen gelten mag: ein EP-Hauptmaximum (59,3 %) und ein EXRE-Nebenmaximum (28,9 %), GR-Anteil (5,7 %) gering, GR/EP = 0,10, Opak = 62,8 %. HB ist in der Regel mit niedrigen Werten vertreten (HB/DURCHS. = 0,02) und würde auf einen längeren Transportweg hinweisen. Abb. 42b (oben) zeigt die typische Lage der sieben Proben im Verwitterungsdreieck.

Tabelle 14: Schwermineralliste der quartären Terrassenablagerungen (Anzahl der gezählten Körner).

PROBENR.	TOTAL	OPAK	DURCHS.	AP	HB	GR	EP	CD	ST	DI	TI	TU	ZI	RU	GR/EP
83 (2)	1527	1312	215	-	-	7	146	-	-	2	2	33	10	15	0,03
85 (3)	908	689	219	2	-	7	70	3	1	3	2	69	17	45	0,03
189b (7)	410	189	221	4	9	21	99	6	-	2	4	9	-	67	0,21
190c (7)	445	233	212	5	3	16	142	3	1	3	-	13	1	25	0,11
235a (8)	462	241	221	-	1	29	140	4	1	-	1	5	3	37	0,21
235b (8)	439	207	232	1	5	6	163	3	-	1	6	18	3	26	0,04
246c (7)	428	201	227	1	4	2	158	4	1	2	3	10	5	37	0,01
Summe	4619	3072	1547	13	22	88	918	23	4	13	18	157	39	252	0,10

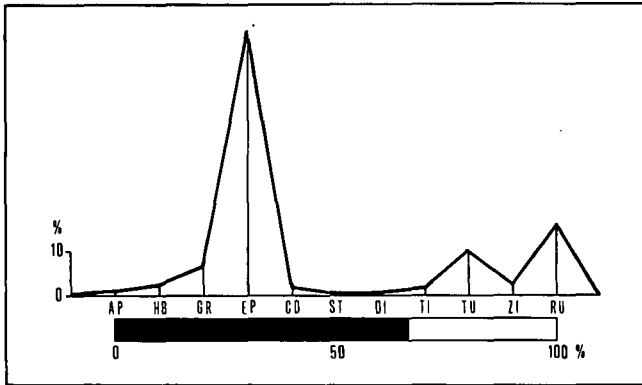


Abb. 46: Standardhistogramm des Schwermineralgehaltes quartärer Terrassenablagerungen (arithmetisches Mittel aus 7 Analysenwerten).

### 9.3. Alluvionen

Alluvionen erstrecken sich entlang von Hauptentwässerungsadern (Pöllauer Safenbach, Hartberger Safenbach, Pinka etc.). Die breiteste Alluvialebene besitzt die Lafnitz. Das Material der Alluvionen setzt sich hauptsächlich aus abgetragenen älteren Sedimenten des Tertiärs zusammen.

#### Nachtrag

Gelegentlich der Manuskriptübergabe vorliegender Arbeit erhielt ich die neuherausgegebene geologische Karte 1 : 50.000 des Blattes 137 Oberwart. In den dazugehörigen Erläuterungen (PAHR, A., mit Beiträgen von P. HERRMANN und W. KOLLMANN: Erläuterungen zu Blatt 137 Oberwart, Wien [Geol. B.-A.] 1984) beanstandet P. HERRMANN (S. 24) mit Recht die Zuordnung ins Badenien des in meinem Bericht über die kohlengologischen Erkundungsarbeiten in der Neogenbucht von Friedberg (NEBERT, 1982a) mit der Nummer 60 versehenen Aufschlusses. Den Aufschluß besuchte ich im Herbst 1981. Bei der Aufnahme des Aufschlußprofils beobachtete ich in den Sanden mehrere Lagen von dickschaligen Ostreen-Gehäusen und in verschiedenen Niveaus Lithothamnium-Knollen. Auf Grund dieser Beobachtung stellte ich den Aufschluß vorläufig ins Badenien. Während ich mit der Entnahme von Sandproben für die Schwermineralanalysen und die mikropaläontologischen Untersuchungen beschäftigt war, sammelte meine Frau Makrofossilien auf.

Die Makrofossilien und die Proben mit den Mikrofossilien wurden noch im Herbst 1981 der Geologischen Bundesanstalt zur Bestimmung bzw. zur mikropaläontologischen Untersuchung eingeschickt. Den Bericht über Friedberg (NEBERT, 1982a) lieferte ich vertragsgemäß im Mai 1982 ab. Darin wird der betreffende Aufschluß 60 altersmäßig ins Badenien gestellt.

Die mikro- und makropaläontologischen Bestimmungsergebnisse erhielt ich erst ein Jahr später, im Mai 1983. Als ich sie für die vorliegende Arbeit verwenden wollte, mußte ich feststellen, daß fast alle eingeschickten Proben des Aufschlusses Nr. 60 eine Mischfauna aus Formen des Badenien und Formen des Sarmatien enthielten. Da ich eine Vermischung beim Schlämmen befürchtete, verzichtete ich auf diese Bestimmungsergebnisse. Aufschluß Nr. 60 erscheint in dieser Arbeit nicht mehr. Nach HERRMANN soll er dem Sarmatien angehören. An der Grundkonzeption vorliegender Arbeit ändert dieser Umstand jedoch überhaupt nichts. Lediglich die Grenzziehung müßte korrigiert werden, was jedoch für eine Karte im Maßstab 1 : 50.000 bedeutungslos ist, zumal auf der neuerschienenen geologischen Karte des Blattes „137 Oberwart“ die Grenzen zwischen den neogenen Formationen (Baden-Sarmat, Sarmat-Pannon) höchst vereinfacht und konventionell gezogen sind und nur annähernd der Wirklichkeit entsprechen.

#### Dank

Von Seiten der Geologischen Bundesanstalt erhielten meine Arbeiten volle Unterstützung, wofür ich besonders Herrn Hofrat Univ.-Prof. Dr. T. GATTINGER, Direktor der Anstalt, zu Dank verpflichtet bin. Dank des Entgegenkommens des Herrn Univ.-Prof. Dr. H. FLÜGEL, Vorstand des Institutes für Geologie und Paläontologie der Universität Graz, erfolgte die Aufbereitung der Sedimentproben im Laboratorium dieses Instituts. Die Bestimmung und Auszählung der Schwerminerale in den angefertigten Streupräparaten wurde in dankenswerter Weise von Herrn Dr. K. STATTEGGER vorgenommen. Die Bestimmung der Mikro- und Makrofossilien verdanke ich den Herren Dr. M. E. SCHMID und Dr. F. STOJASPAL.

#### Literatur

- BERGER, W.: Flora und Klima im Jungtertiär des Wiener Beckens. – Z. deutsch. geol. Ges., **105** (1953), 228–233, Hannover 1955.
- BRANDL, W.: Die tertiären Ablagerungen am Saume des Hartberger Gebirgsspornes. – Jb. Geol. B.-A., **81**, 353–386, Wien 1931.
- BRANDL, W.: Neue geologische Beobachtungen im Tertiärgebiet von Hartberg. – Mitt. Naturwiss. Ver. Steierm., **81/82**, 108–111, Graz 1952.
- BRANDL, W.: Neue Fundorte sarmatischer Mollusken in der Friedberger Bucht. – Mitt. Naturwiss. Ver. Steierm., **108**, 71–75, Graz 1978.
- BRANDL, W.: Das Untersarmat der Friedberger Bucht. – Mitt. Naturw. Ver. Steierm., **109**, 55–62, Graz 1979.
- BRANDL, W.: Geologische Aufschlüsse anlässlich der Koaxialkabelverlegung zwischen Hartberg und Friedberg. – Mitt. Naturw. Ver. Steierm., **110**, 33–37, Graz 1980a.
- BRANDL, W.: Tertiär-Aufschlüsse am Ostrand des Masenbergstockes (Nordoststeiermark). – Mitt. Naturw. Ver. Steierm., **110**, 39–45, Graz 1980b.
- BURRI, C.: Sedimentpetrographische Untersuchungen an alpinen Flußsanden. 1. Die Sande des Tessins. – Schweiz. Min. Petr. Mitt., **9**, 205–240, Zürich 1929.
- EBNER, F. & GRÄF, W.: Die Bentonitvorkommen der Nordoststeiermark. – Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, **H. 38**, 9–30, Graz 1977.
- FLÜGEL, H. & HERITSCH, H.: Das Steirische Tertiär-Becken. – Sammlung geol. Führer (Hrsg. F. LOTZE), **47**, 196 S., Berlin – Stuttgart (Bornträger) 1968.
- GEUTEBRÜCK, E.: Das kohleführende Tertiär von Tauchen und seine kristalline Umrahmung. – Unveröff. Diss., Montanuniv. Leoben, 219 S., Leoben 1978.
- GEUTEBRÜCK, E.: Übersicht über die kohleführenden und kohlehaltigen Tertiärgebiete der Steiermark. – Unveröff. Bericht, Forschungsprojekt 2975, Geol. B.-A., Wien 1980.
- GRIMM, W.-D.: Stratigraphische und sedimentpetrographische Untersuchungen in der Oberen Süßwassermolasse zwischen Inn und Rott (Niederbayern). – Beih. Geol. Jb., **26**, 97–199, Hannover 1957.
- GRIMM, W.-D.: Stepwise heavy mineral weathering in the Residual Quartz Gravel, Bavarian Molasse (Germany). – Contr. Sedimentology, **1**, 103–125, Stuttgart 1973.
- HADITSCH, J. G. & YAMAC, Y.: Die mittel- und oberpannonischen Lockersedimente von Untertiefenbach und Hofkirchen bei Hartberg. Ein Kartierungsbericht. – Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, **38**, 73–75, Graz 1977.
- HAUSER, A. & NEUWIRTH, E.: Die vulkanischen Tuffe und ihre tonigen Abkömmlinge in der Nordsteiermark. – BHM, **104/12**, 243–253, Wien 1959.
- HAYR, K.: Geologische Untersuchungen im Raume Friedberg-Hartberg. – Unveröff. Bericht, Geol. B.-A., Wien 1951.
- HERRMANN, P.: Bericht 1976 über Aufnahmen im Tertiär auf den Blättern 136, Hartberg, 137, Oberwart, 138, Rechnitz und 139, Lutzmannsburg. – Verh. Geol. B.-A., Jg. **1977/1**, A 123, Wien 1977.
- HERMANN, P.: Bericht 1977 über Aufnahmen im Tertiär auf Blatt 136, Hartberg. – Verh. Geol. B.-A., Jg. **1978/1**, A 112, Wien 1979.

- HERMANN, P.: Bericht 1978 über geologische Aufnahmen im Tertiär auf Blatt 136, Hartberg. – Verh. Geol. B.-A., Jg. 1979/1, A 127, Wien 1981.
- HILBER, V.: Das Tertiärgebiet um Hartberg in Steiermark und PINKAFELD in Ungarn. – Jb. k.k. Geol. R.-A., 44/8, 389–414, Wien 1894.
- HOFMANN, K.: Geologische Detailaufnahme im nordwestlichen Teil des Eisenburger Comitates. – Verh. Geol. R.-A., 1877/1, 14–23, Wien 1877.
- KOLLMANN, K.: Jungtertiär im Steirischen Becken. – Mitt. Geol. Ges. Wien, 57/2, 479–632, Wien 1965.
- LECHNER, K.: Aktenvermerk über die durchgeführten Begehungen in den Tertiärgebieten in der weiteren Umgebung von Friedberg, Rohrbach und Pöllau in der Oststeiermark. – Unveröff. Bericht, Geol. B.-A., Wien 1951.
- LECHNER, K.: Bericht über die Begehung des Schurfgebietes Friedberg-Umgebung am 22. 11. 1954. – Unveröff. Bericht, Geol. B.-A., Wien 1954.
- NEBERT, K.: Sedimentologisch-stratigraphische Untersuchungen im Jungtertiär südwestlich von Hartberg (Oststeiermark). – BHM, 96/1–3, 9–14, 30–37, 50–57, Wien 1951.
- NEBERT, K.: Die pliozäne Schichtfolge in der Pöllauer Bucht (Oststeiermark). – Jahrb. Geol. B.-A., 95/1, 103–118, Wien 1952.
- NEBERT, K.: Die Lignitvorkommen Burgenlands. – Unveröff. Ber., Forschungsprojekt 2975, Wien (Geol. B.-A.) 1980.
- NEBERT, K.: Kohlengeologische Erkundungsarbeiten in der Neogenbucht von Friedberg. – Unveröff. Bericht, Forschungsprojekt StA 4f/81, Geol. B.-A., Wien 1982a.
- NEBERT, K.: Die Kohle als Faziesglied eines Sedimentationszyklus. – BHM, 128/4, 106–112, Wien 1983a.
- NEBERT, K.: Zyklische Gliederung der Eibiswalder Schichten (Südweststeiermark). – Jb. Geol. B.-A., 126/2, 259–285, Wien 1983b.
- NEBERT, K.: Kohlengeologische Erkundung des Ilzer Reviers. – Unveröff. Bericht, Forschungsprojekt Ilz der Firma Stahl- und Walzwerk Marienhütte, Graz 1983c.
- NEBERT, K.: Kohlengeologische Erkundung des Neogengebietes von Hartberg. – Unveröff. Bericht, Forschungsprojekte StA 4f/81 und StA 4f/F/ 82, Geol. B.-A., Wien 1983e.
- NEBERT, K.: Kohlengeologische Erkundung der Neogenbucht von Pöllau. – Unveröff. Bericht, Forschungsprojekte StA 4f/81 und StA 4f/F/82, Geol. B.-A., Wien 1984a.
- NEBERT, K.: Kohlengeologische Erkundung der Neogenbucht von Friedberg (Kurzbericht Projekt StA 4f/81). – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., 5, 191–192, Wien 1984b.
- NEBERT, K.: Kohlengeologische Erkundung des Neogengebietes von Hartberg (Kurzbericht Projekte StA 4f/81 und StA 4f/F/82). – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., 5, S. 193, Wien 1984c.
- NEBERT, K.: Kohlengeologische Erkundung der Neogenbucht von Pöllau (Kurzbericht Projekt StA 4f/F/82). – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., 5, S. 192, Wien 1984d.
- NEBERT, K., GEUTEBRÜCK, E. & TRAUSSNIG, H.: Zur Geologie der neogenen Lignitvorkommen entlang des Nordostsporns der Zentralalpen (Mittelburgenland). – Jb. Geol. B.-A., 123/1, 39–112, Wien 1980.
- NEUBAUER, W.: Das Alter der Tuffe im Gebiet Friedberg-Grafendorf (Nordoststeiermark) mit einem Beitrag zur Geologie der Friedberger Tertiärbucht. – Sitzungsber. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Abt. I, 158/7 und 8, 585–591, Wien 1949.
- PAHR, A.: Das Semmering- und Wechselsystem. – In: Der geologische Aufbau Österreichs, Hrsg. GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT, 315–320, Wien – New York (Springer) 1980.
- PAPP, A.: Das Pannon des Wiener Beckens. – Mitt. Geol. Ges. Wien (1946–1948), 39–41, 99–193, Wien 1951.
- PAPP, A.: Die Koordinierung des Miozäns in der Paratethys. – Verh. Geol. B.-A., Jg. 1969/1, 2–6, Wien 1969.
- PAPP, A., PARAMONOVA, N. P. & MARINESCU, F.: Beziehung zwischen Sarmat s. str. und Sarmat s. lato in der Paratethys. – In: Chronostratigraphie und Neostatotypen, Bd. 4, Sarmatien, Hrsg. A. PAPP, F. MARINESCU & F. SENES, 35–40, Bratislava (Slowak. Akad. Wiss.) 1974.
- PAPP, A., STEININGER, F. & RÖGL, F.: Bericht über die Ergebnisse der 3. Sitzung der Arbeitsgruppe Paratethys des Comm. Mediterr. Neogene Stratigraphy 1970 in Wien. – Verh. Geol. B.-A., Jg. 1971/1, 59–62, Wien 1971.
- PETRASCHECK, W.: Vulkanische Tuffe im Jungtertiär am Alpenostrand. – Sitzungsbericht Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl., Abt. 1, 149/3–6, 145–154, Wien 1940.
- PETRASCHECK, W.: Kohlenfund bei Pöllau, Bezirk Hartberg. – Unveröff. Bericht, Bezirkshauptmannschaft Graz, Graz 1951.
- PLANDEROVA, E.: Palynologische Charakteristik des Sarmatien s. str. – In: Chronostratigraphie und Neostatotypen, Bd. 4, Sarmatien, Hrsg. A. PAPP, F. MARINESCU & J. SENES, 674–687, Bratislava (Slowak. Akad. Wiss.) 1974.
- RÖGL, F. & STEININGER, F. F.: Vom Zerfall der Tethys zu Mediterran und Paratethys. – Ann. Naturhist. Mus. Wien, 85/A, 135–163, Wien 1983.
- SITAR, V.: Die Makroflora des Sarmats in der Slowakei. – In: Chronostratigraphie und Neostatotypen, Bd. 4, Sarmatien, Hrsg. A. PAPP, F. MARINESCU & J. SENES, 624–640, Bratislava (Slowak. Akad. Wiss.) 1974.
- SONDER, R. A.: Mechanik der Erde. – 291 S., Stuttgart (Schweizerbart) 1956.
- STEININGER, F.: Integrated assemblage-zone biostratigraphy at marine-nonmarine boundaries: Examples from the Neogene of Central Europe. – In: Concepts and methods of biostratigraphy, Eds. KAUFMANN & HAZEL, 235–256, Stroudsburg 1977.
- STEININGER, F. F., RÖGL, F. & MARTINI, E.: Current Oligocene/Miocene biostratigraphic concept of the Central Paratethis (Middle Europe). – Newsl. Stratigr., 4/3, 174–202, Berlin – Stuttgart 1976.
- TOLLMANN, A.: Geologie von Österreich. – 766 S., Wien (Deuticke) 1977.
- WEBER, F., SCHMÖLLER, R. & WALLACH, G.: Enderbericht 1981. – Unveröff. Bericht, Projekt StA 4c, „Kohleprospektion in ost- und weststeirischen Tertiärgebieten“, Inst. f. Geophysik Montanuniv. Leoben, Leoben 1981.
- WEBER, L. & WEISS, A.: Bergbaugeschichte und Geologie der österreichischen Braunkohlenvorkommen. – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., 4, 317 S., Wien 1983.
- WEINHANDL, R.: Bericht 1966 über Aufnahmen auf Blatt Hartberg (136). – Verh. Geol. B.-A., Jg. 1967/3, A 56–57, Wien 1967.
- WEINHANDL, R.: Bericht 1970 über Aufnahmen auf Blatt Hartberg (136) und Blatt Oberwart (137). – Verh. Geol. B.-A., Jg. 1971/4, A 94–95, Wien 1971.
- WELLER, J. M.: Cyclical sedimentation of the Pennsylvanian period and its significance. – J. Geol., 38, 97–135, Chicago 1930.
- WELLER, J. M.: Cyclothems and larger sedimentary cycles of the Pennsylvanian. – J. Geol., 66, 195–207, Chicago 1959.
- WELLER, J. M.: Development of the concept and interpretation of cyclic sedimentation. – In: Symposium on cyclic sedimentation, vol. II, Ed. D. F. MERRIAM, Kansas Geol. Survey Bull., 169, 607–621, Kansas 1964.
- WEYL, R.: Zur Ausdeutbarkeit der Schwermineral-Vergesellschaftungen. – Erdöl und Kohle, Jg. 2/6, 221–224, Hamburg 1949.
- WEYL, R.: Schwermineralverwitterung und ihr Einfluß auf die Mineralführung klastischer Sedimente. – Erdöl und Kohle, Jg. 3/5, 209–211, Hamburg 1950.
- WEYL, R.: Zur Frage der Schwermineralverwitterung in Sedimenten. – Erdöl und Kohle, Jg. 5/1, 29–33, Hamburg 1952.
- WIESENEDER, H.: Über die Veränderung des Schwermineralbestandes der Sedimente durch Verwitterung und Diagenese. – Erdöl und Kohle, Jg. 6/7, 369–372, Hamburg 1953.
- WIESENEDER, H. & MAURER, I.: Ursachen der räumlichen und zeitlichen Änderung des Mineralbestandes der Sedimente des Wiener Beckens. – Eclogae geol. Helv., 51/3, 1155–1172, Basel 1959.
- WINKLER, A.: Untersuchungen zur Geologie und Paläontologie des steirischen Tertiärs. – Jb. Geol. R.-A., 63, 503–620, Wien 1913.

- WINKLER, A.: Beitrag zur Kenntnis des oststeirischen Pliocäns.  
– Jahrb. Geol. Staatsanstalt, **71**/1 und 2, 1–50, Wien 1921.
- WINKLER, A.: Das südweststeirische Tertiärbecken im älteren Miozän. – Denkschr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl., Abt. 1, **101**, 89–130, Wien 1927.
- WINKLER, A.: Die jungtertiären Ablagerungen am Nordostsporn der Zentralalpen und seines Südsaumes. – Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl., Abt. 1, **142**, 81–102, Wien 1933.
- WINKLER-HERMADEN, A.: Die jungtertiären Ablagerungen an der Ostabdachung der Zentralalpen und das inneralpine Tertiär.  
– In: Geologie von Österreich, Hrsg. F. X. SCHAFFER, 414–522, Wien (Deuticke) 1951.
- ZAPFE, H.: Die geologische Altersstellung österreichischer Kohlenlagerstätten nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnis. – BHM, **101**, 71–81, Wien 1956.
- ZÖBELEIN, H. K.: Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im niederbayrischen Tertiär. – Neues Jb. Mineral., Geol. Paläont., Beil.-Bd. (Abh.), Abt. B., **84**, 233–302, Stuttgart 1940.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 19. Dezember 1984.