

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG  
MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS  
SERVICE GÉOLOGIQUE

---

PUBLICATIONS DU SERVICE GÉOLOGIQUE DU LUXEMBOURG  
VERÖFFENTLICHUNGEN DES LUXEMBURGER GEOLOGISCHEN DIENSTES

VOLUME XXIV

SEDIMENTOLOGISCH - STRATIGRAPHISCHE  
UNTERSUCHUNGEN IN DER MINETTE  
DES DIFFERDINGER BECKENS  
(LUXEMBURG)

von  
JEAN THEIN

LUXEMBOURG 1975  
SERVICE GÉOLOGIQUE DU LUXEMBOURG

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG  
MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS  
SERVICE GÉOLOGIQUE

---

PUBLICATIONS DU SERVICE GÉOLOGIQUE DU LUXEMBOURG  
VERÖFFENTLICHUNGEN DES LUXEMBURGER GEOLOGISCHEN DIENSTES

VOLUME XXIV

SEDIMENTOLOGISCH - STRATIGRAPHISCHE  
UNTERSUCHUNGEN IN DER MINETTE  
DES DIFFERDINGER BECKENS  
(LUXEMBURG)

von  
JEAN THEIN

LUXEMBOURG 1975  
SERVICE GÉOLOGIQUE DU LUXEMBOURG

JEAN THEIN  
53 BONN  
Geologisches Institut der Universität  
Nußallee 8

## VORWORT

*Die vorliegende Arbeit wurde 1973 in anderer Form an der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bonn als Diplomarbeit vorgelegt. Die Betreuung erfolgte durch Herrn Prof. Dr. A. SIEHL, dem an dieser Stelle hierfür herzlich gedankt sei.*

*Mein Dank gilt ferner Herrn J. BINTZ, dem Leiter des Service Géologique du Luxembourg und seinen Mitarbeitern, für wertvolle finanzielle und materielle Hilfe.*

*Nicht zuletzt sei den Firmen ARBED und MMR mein Dank ausgesprochen, ohne deren großzügiges Entgegenkommen die Realisierung der Arbeit kaum zustande gekommen wäre.*



## ZUSAMMENFASSUNG

Im Differdinger Becken wurden an Hand von 29 Profilen die Ablagerungen der Minette (oberes Toarcien bis unterer Dogger) sedimentologisch und stratigraphisch untersucht.

Die Sedimente bestehen aus einer Wechselfolge von flasergeschichteten, fein- bis mittelkörnigen Sanden und Mergelsanden sowie aus schräggeschichteten, mittelkörnigen, schillführenden Eisenoolithen. Nach strukturellen und lithologischen Gesichtspunkten wurden die flasergeschichteten, eisenarmen Bereiche als «Z w i s c h e n m i t t e l», die schräggeschichteten als «L a g e r» ausgeschieden. Diese Einteilung weicht z. T. erheblich von der bisherigen, durch den Bergbau geprägten Gliederung ab. Es wurde eine zyklische Abfolge der Sedimente nachgewiesen, die über das gesamte Differdinger Becken zu verfolgen ist. Insgesamt liegen sieben bis neun mehr oder minder vollständig erhaltene Zyklen vor, deren regionale Verbreitung dargestellt wird.

An einem typischen Profil wurden mit Hilfe von Dünnschliffproben die Petrographie des Gesteins und die Granulometrie der Ooide untersucht. Die vertikalen Veränderungen dieser beiden Parameter, ebenso wie der geochemischen Daten, die an zwei Profilen mit der Sedimentologie verglichen wurden, erhärten die lithologische Untergliederung.

Regionale Vergleiche der Profile sowie paläogeographische Untersuchungen am Zyklus des Grauen Lagers bestätigen bisher vermutete synsedimentäre Bewegungen an größeren Störungen. Schrägschichtungsmessungen ergaben für diesen Zyklus Schüttungsrichtungen aus NW bis E, wobei nordöstliche Richtungen vorherrschen. Die Sedimentation wurde vermutlich stark durch das Relief des Untergrundes beeinflusst.

Die Minette wird als Bildung weit ausgedehnter Wattbereiche gedeutet. Die einzelnen Faziesbereiche lassen sich zwanglos mit den Lockersedimenten rezenter Watten vergleichen, wobei die zyklische Gliederung durch wiederholtes Vorrücken der Küstenlinie erklärt werden kann.



## EINLEITUNG

Das Arbeitsgebiet umfaßt den westlichen Teil der Luxemburger Minette, das Differdinger Becken (Anlage 1, Abb. 1). Das Tal der Cronière, in dem die französisch-luxemburgische Grenze verläuft, bildet die südliche und westliche Grenze des Arbeitsgebietes. Den Nord- und Ostrand bildet der erosive Steilabfall gegen die tiefer liegenden Schichten des Toarcien. Er ist überall — von Belvaux bis nach Rodange an der belgischen Grenze — von Tagebauen angeschnitten. Im Zentralbereich des Untersuchungsgebietes findet wegen der mächtigen Überdeckung ein Abbau nur unter Tage statt. Aufschlüsse fehlen.

Auf der Grundlage detaillierter Profilaufnahmen soll zunächst durch die Analyse von Sedimentgefüge, Petrographie und Geochemie eine genaue Gliederung und Parallelisierung der Schichtfolge durchgeführt werden. Am Beispiel eines ausgewählten Schichtgliedes wird anschließend versucht durch regionale Vergleiche Aussagen über Ablagerungsbedingungen und Paläogeographie im Arbeitsgebiet zu machen. Derartige Untersuchungen fehlen bisher für das Gebiet der Luxemburger Minette. Die vorliegende Arbeit schließt an den nördlichen Teil der von BUBENICEK (1961) untersuchten Lothringer Minette an, dessen Darstellung aber weit weniger ins Detail geht und in der Feinstratigraphie und Sedimentologie noch manche Fragen offen läßt.



# INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Vorwort .....	5
Zusammenfassung .....	7
Einleitung .....	9
<b>1. Geologische Beschreibung der Minette, ihrer liegenden und hangenden Schichten .....</b>	<b>13</b>
1.1. Die Minette .....	13
1.2. Das Liegende der Minette .....	15
1.3. Das Hangende der Minette .....	16
1.4. Tektonik .....	16
<b>2. Sedimentgefüge .....</b>	<b>18</b>
2.1. Schrägschichtung .....	18
2.2. Flaserschichtung .....	18
2.3. Massige Bänke .....	18
2.4. Parallelschichtung .....	19
2.5. Wühlgefüge .....	19
2.6. Limonitkrusten .....	19
<b>3. Petrographie .....</b>	<b>20</b>
3.1. Komponenten .....	20
3.1.1. Limonitische Ooide .....	20
3.1.2. Eisensilikatische Ooide .....	21
3.1.3. Quarz .....	21
3.1.4. Schill .....	21
3.1.5. Sonstige .....	22
3.2. Matrix .....	22
3.2.1. Karbonatmatrix .....	22
3.2.2. Limonitmatrix .....	22
3.2.3. Chloritmatrix .....	22
3.3. Nomenklatur .....	23
3.4. Gesteinstypen .....	23
3.4.1. Tone .....	23
3.4.2. Flaserige Arenite und Mergelsandsteine .....	23
3.4.3. Eisenoolithe .....	24
3.4.4. Bioarenite .....	24
3.4.5. Biorudite .....	24
3.4.6. Konglomerate .....	25
3.4.7. Karbonatische Knollen .....	25
<b>4. Stratigraphische und regionale Beschreibung .....</b>	<b>26</b>
4.1. Vertikale Faziesgliederung .....	26
4.2. Regionale Beschreibung der Zyklen .....	28
4.2.1. Zyklus des Grünen Lagers .....	28
4.2.2. Zyklus des Schwarzen Lagers .....	28

4.2.3. Zyklus des Grauen Lagers .....	28
4.2.3.1. Gefüge und Petrographie .....	29
4.2.3.2. Mächtigkeit des Zwischenmittels .....	29
4.2.3.3. Mächtigkeit des Lagers .....	29
4.2.3.4. Mächtigkeit des Gesamtzyklus .....	30
4.2.3.5. Eisengehalt des Lagers .....	30
4.2.3.6. Tiefenlinienplan .....	30
4.2.3.7. Schrägschichtung .....	31
4.2.4. Zyklus des Gelben Lagers .....	32
4.2.5. Zyklus des Roten Lagers .....	32
4.2.6. Unterkalkzyklus .....	34
4.2.7. Kalkige Zwischenzyklen .....	35
4.2.8. Oberkalkzyklus .....	36
4.2.9. Dachkonglomerat .....	37
4.2.10. Dachkalkstein .....	38
4.2.11. Concavusmergel .....	38
4.3. Regionale Parallelisierung der Profile .....	39
<b>5. Petrographischer Vergleich .....</b>	<b>41</b>
5.1. Verteilung der Komponenten .....	41
5.2. Korngrößenverteilung der Ooide .....	41
5.2.1. Kornsummenkurve .....	41
5.2.2. Medianwert .....	43
5.2.3. Sortierung .....	43
5.2.4. Schiefe .....	43
<b>6. Geochemie .....</b>	<b>44</b>
6.1. Rollesberg .....	44
6.2. Prinzenberg .....	46
<b>7. Sedimentationsgeschichte .....</b>	<b>48</b>
<b>Schriftenverzeichnis .....</b>	<b>53</b>

# 1. GEOLOGISCHE BESCHREIBUNG DER MINETTE, IHRER LIEGENDEN UND HANGENDEN SCHICHTEN

## 1.1. Die Minette

Das mesozoische Deckgebirge der Lothringer Senke greift im Gebiet der Luxemburg-Trierer Bucht nach N diagonal zum variszischen Streichen der devonischen Schichten auf den Sockel des Rheinischen Schiefergebirges über. Während des oberen Lias und unteren Doggers hat sich in Süd-Luxemburg und Lothringen ein über 1000 km<sup>2</sup> großer, maximal 60 m mächtiger Sedimentkörper klastischer Gesteine abgelagert, der reich an limonitischen und silikatischen Eisenoolithen ist und in Süd-Luxemburg sowie im Moseltal zwischen Thionville und Nancy zu Tage ausstreicht.

Als Lagerstätte waren diese Sedimente bis zum Ende des letzten Jahrhunderts völlig unbedeutend, bilden jedoch seit der Entdeckung des Thomasverfahrens die Grundlage der Schwerindustrie Luxemburgs und Lothringens. Das Erz wurde in Luxemburg bis heute in großem Umfang gefördert und behauptet sich weiterhin, trotz relativ niedriger Eisengehalte (im Mittel um 30%) gegen die hochprozentigen ausländischen Erze, da es aufgrund niedriger Quarz- und hoher CaO-Gehalte einen verhüttungstechnisch günstigen Schmelzpunkt besitzt. Vor der Jahrhundertwende wurden in Luxemburg fast ausschließlich tertiäre Bohnerze in Karstschloten von Bajocienkalken verhüttet und als «Mine forte» bezeichnet. Der phosphorhaltige und dadurch minderwertige jurassische Oolith wurde abwertend «Minette» genannt. Der Ausdruck hat sich weltweit eingebürgert und so wird auch im folgenden diese charakteristische Fazieseinheit als *Minette* bezeichnet. Der erzführende Schichtkörper erstreckt sich vom heutigen nördlichen Erosionsrand in Süd-Luxemburg nach S bis etwa in die Höhe von Metz. Nach W taucht er mit flachem Einfallen allmählich unter die Sedimente des mittleren und oberen Doggers ab. Nicht bekannt ist seine W-Grenze. Im E wird die Minette von einem steilen, NS verlaufenden Erosionsrand im Moseltal begrenzt.

Das Ablagerungsgebiet gliedert sich in mehrere, von Störungen begrenzte Sedimentationsbecken: auf Luxemburger Gebiet in das *Becken von Esch* im E und in das *Becken von Differdingen* im W.

Die Sedimentation der Oolithe beginnt in den Dumortierenschichten des mittleren Toarcien (Jl zeta) (Tabelle 1). Die ältesten Eisenoolithbänke erscheinen im nordwestlichen Differdinger Becken. Es ist das Grüne Lager (L IV) der unteren Dumortierenschichten (Levesqueischichten). Nach SE zu wandert die Sedimentation der Minette diachron in die oberen Dumortierenschichten hinauf. Sie setzt im Escher Becken erst mit dem Grünen Lager (L III) ein, das nach LUCIUS (1946) dem Schwarzen Lager (L III) des Differdinger Beckens entspricht. Im Escher Becken reicht die Minettefazies stratigraphisch wesentlich höher hinauf, bis in die höchsten Murchisonaeschichten, während sie im Differdinger Becken bereits mit dem Ende der Aalensisschichten aussetzt.

In beiden Becken greift am Ende des unteren Doggers ein Aufarbeitungshorizont über. Ihm folgt eine maximal 1 bis 2 m mächtige Bank eines dunkelroten, sandigen Mergels mit Ooiden. Leitend ist hier *Lioceras concavum*, massenhaft treten *Brasilia bradfordense* und *Brasilia gigense* auf. Diese Bank bildet den jüngsten Teil der Minettefazies in Luxemburg und Lothringen und stellt den faziellen Übergang zu den Mergeln und Kalken des mittleren Doggers dar.

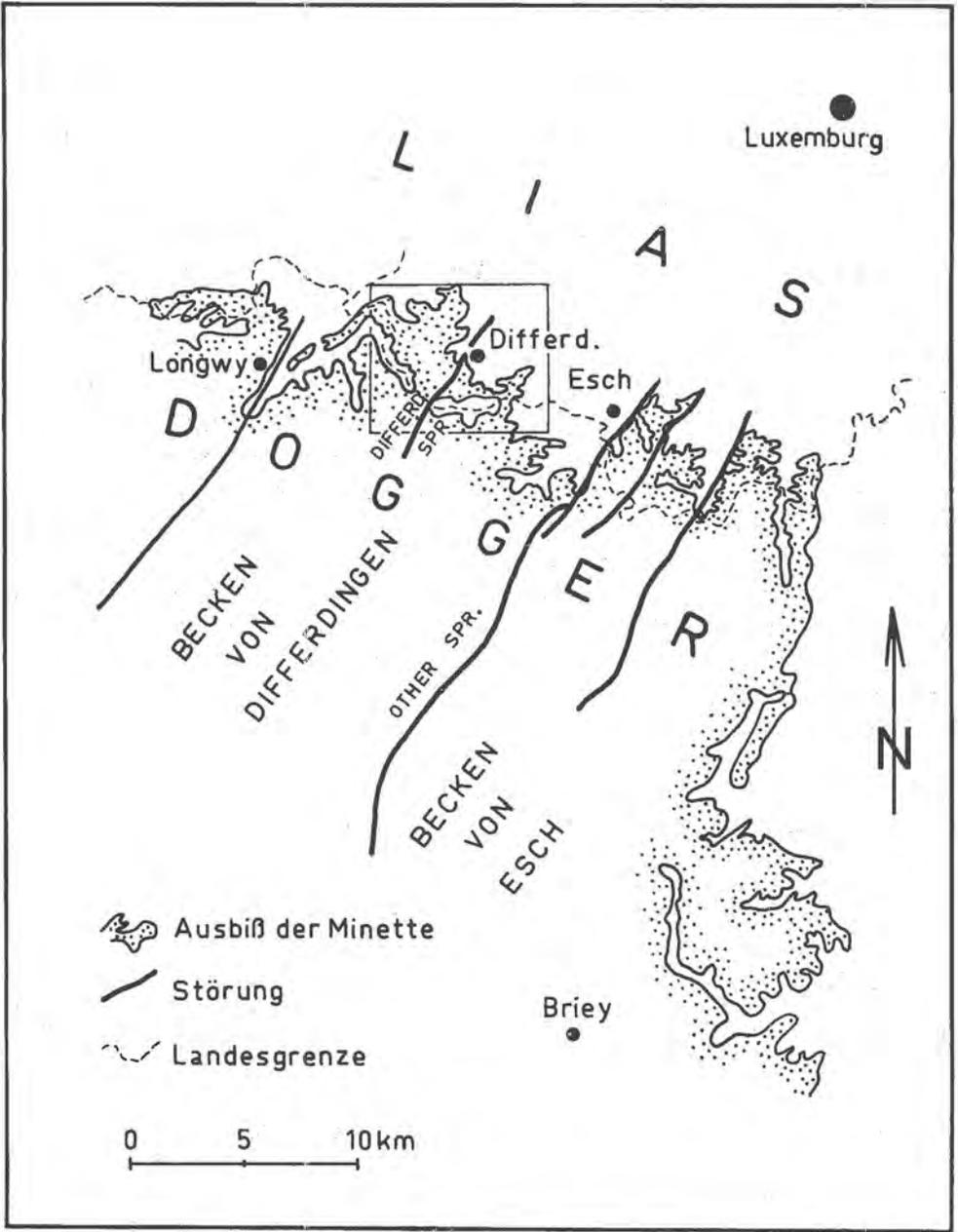


Abb. 1: Geologische Übersicht und Lage des Untersuchungsgebietes

Eine biostratigraphische Feingliederung der Minette ist bisher nicht gelungen, da weite Bereiche des Sediments nur eine spärliche, oft schlecht erhaltene Fauna führen, die arm an Ammoniten ist. Die bisherige lithostratigraphische Gliederung ist am Bergbau orientiert. Erzflöze oder « Lager » wechseln ab mit eisenarmen Schichten, die als « Zwischenmittel » bezeichnet werden. Diese Zwischenmittel unterscheiden sich vom Erz nicht nur im Eisengehalt, sondern sind auch strukturell streng von den Lagern getrennt, wie in dieser Arbeit gezeigt wird.

Geochemisch wird die Minette in eine untere « kieselige » (silikatische) und obere « kalkige » (limonitische) Paragenese unterteilt. Die Trennung erfolgt nach dem verhüttungstechnisch wichtigen Quotienten  $\text{CaO/SiO}_2$  ( $< 1,4$  = kieselig,  $> 1,4$  = kalkig).

## 1.2. Das Liegende der Minette

Im Liegenden verzahnen sich die tiefsten Lager der Minette mit den 20 bis 30 m mächtigen, mergeligen Dumortierensandsteinen, die in die unteren Lévesque-schichten und die oberen Pseudoradiosaschichten gegliedert werden.

Darunter folgen ca. 10 m blättrige, dunkelgraue bis schwarze Mergel: die Fallacios-schichten. Sie sind in Luxemburg, im Gegensatz zu Lothringen, arm an Versteinerungen.



*Hohebrückner Kalk*

---

*Sonninienmergel*

---

*Glimmermergel*

*Concavusmergel*

*Oberkalkzyklus*

---

*Unterkalkzyklus*

---

*Zyklus des  
Roten Lagers*

---

*Zyklus des  
Grauen Lagers*

Abb. 2: Tagebau Prinzenberg. Die Minette im nördlichen Differdinger Becken und ihr Hangendes

### 1.3. Das Hangende der Minette (Abb. 2)

Die Glimmermergel sind ca. 7 bis 10 m mächtige, dunkelblaugraue, etwas kalkige Tone mit einem relativ hohen Gehalt an feinschuppigem Muskowit. Sie neigen sehr zu Rutschungen und bilden im Steilanstieg der Doggerschichtstufe eine deutliche Verebnung. Sie sind relativ fossilarm, aber vereinzelt Funde von *Sonninia sowerbyi* erlauben ihre Einstufung ins Bajocien.

Die Glimmermergel schließen wie die Minette mit einem konglomeratischen Schichtglied, dem *Sonnienkonglomerat*, ab. Darüber folgen wechsellagernd gelbe, harte Kalkbänke und graue, mürbe Mergel. Die Mergelschichten werden nach oben hin seltener und fehlen schließlich ganz. Diese obere Partie wird als *Öttinger Kalk* von dem gesamten, als *Sonninienschichten* bezeichneten Schichtglied abgetrennt. Sie können bis zu 20 m mächtig werden, wovon kaum 5 auf die Öttinger Kalke entfallen. Darüber lagern etwa 25 m eines blauen, gelb verwitternden, sandigen Kalkes: der *Hohebrückner Kalk*. Stratigraphisch gehört er in die Zone der *Emileia sauzei* und des *Sphaeroceras polyschides*. Auch er schließt mit einer Aufarbeitungsfläche ab.

Die letzten heute erhaltenen marinen Sedimente des Luxemburger Landes sind die über dem Hohebrückner Kalk liegenden *Other Kalke*: bis zu 30 m mächtige, weiße, detritogene Karbonatgesteine, die sich auf kurze Distanz mit Riffkalken verzahnen können. Ammoniten sind selten, aber einige wenige Exemplare erlauben eine Einstufung in die Zonen des *Cadomites humphriesi* und *Cadomites blagdeni*.

Nach LUCIUS (1946) schließen die liassischen Sedimente mit den Mergeln der Fallaciosus-schichten ab. Die auf dem internationalen Jurakolloquium 1962 aufgestellte Gliederung des unteren und mittleren Jura zieht die Lias-Dogger-Grenze dagegen wesentlich höher (vgl. MAUBEUGE 1963). Reicht die Minettefazies bei LUCIUS vom unteren bis zum mittleren Dogger, so rückt sie jetzt fast vollständig ins Toarcien. Im Differdinger Becken gehört sie sogar in ihrer gesamten Mächtigkeit, bis auf das Dachkonglomerat und den Dachkalk, in den oberen Lias. Im Escher Becken repräsentieren noch die oberen roten Nebenlager den unteren Dogger in Minettefazies. Über die etwas unterschiedlichen Schichtfolgen beider Becken transgrediert einheitlich das Bajocien mit den Glimmermergeln.

### 1.4. Tektonik

Die Schichtfolge der Minette liegt durchwegs sehr flach (0°-5° Einfallen) und wird im Norden durch eine Schar fast paralleler Verwerfungen mit NE-SW Streichen in mehrere Schollen zerlegt. Die größte der Störungen ist die von Deutsch-Oth (Audun le Tiche) - Esch, die die Schichten des Escher Beckens im E um 120 m gegen die des Differdinger Beckens im W abschiebt.

Im Differdinger Becken treten nur zwei kleinere Verwerfungen auf: der Sprung von Differdingen-Godbrange mit einer wechselnden Sprunghöhe von 9 bis 20 m, ferner eine weiter westlich verlaufende kleine Abschiebung mit maximal drei Meter Verwurf. Beide liegen etwa in der Längsachse des Beckens, die ca. 50° streicht und über Differdingen - Grand Bois - Bois de Selomont mit wenigen Grad nach SW abtaucht.

LUCIUS (1946)		THEIN (1974)	LUCIUS (1946)	JURA - KOLL. (1962)
DIFFERDINGER BECKEN	ESCHER BECKEN	DIFFERDINGER BECKEN		
Konglomerat	Konglomerat	Konglomerat		<i>Ludwigella concava</i>
Dachkalk	Dachsandstein	Dachkalk	<i>Harpoceras murchisonae</i>	<i>Ludwigia murchisonae</i>
	Konglomerat			
	Rotsandiges Lager L4			
	Oberes Rotes Lager L3b			
	Unteres Rotes Lager L3a			<i>Leioceras opalinum</i>
Oberkalk L3	Rotes Hauptlager L3	Oberkalkzyklus	<i>Harpoceras opalinum</i>	<i>Pleydellia aalenensis</i>
	Geibes Nebenlager L2a			
Zwischenmittel	Gelbes Hauptlager L2	Kalkige Zwischenzyklen		
Unterkalk L1	Graues Lager L1	Unterkalkzyklus	<i>Harpoceras plicatellum</i>	
Rotes Lager LI	Braunes Lager LI	Zyklus des Roten Lagers	<i>Dumortieria pseudoradiosa</i>	
Gelbes Lager LIa		" " Gelben "		
Graues Lager LII	Schwarzes Lager LII	" " Grauen "		
Schwarzes Lager LIII	Grünes Lager LIII	" " Schwarzen "		
Grünes Lager LIV	Dumortieriensandstein	" " Grünen "	<i>Dumortieria levesquei</i>	
Dumortieriensandstein		Dumortieriensandstein		

Tab. 1: Stratigraphische und paläontologische Einteilung der Minette im Differdinger und Escher Becken

## 2. SEDIMENTGEFÜGE

### 2.1. Schrägschichtung

Generell können zwei Arten unterschieden werden: Eine **g r o ß r ä u m i g e** Schrägschichtung, mit flach vom Dach eine Schicht gegen ihre Basis geneigten Schichtblättern, die bis über 10 cm mächtig und oft mehrere zehner Meter lang werden können (Tafel 1, Abb. 1). Der Neigungswinkel der einzelnen Blätter ist meist sehr klein (ca. 2-15°). Sie sind häufig durch Tonlagen voneinander getrennt und können auf der Oberfläche Kleinrippeln aufweisen. Im Anschnitt senkrecht zum primären Einfallen des Anlagerungsgefüges können die Blätter auch horizontal verlaufen, so daß eine Parallelschichtung vorgetäuscht wird.

Dieser Schrägschichtungstyp tritt nur bei gröberklastischen Sedimenten (Mittel- bis Grobsande), in mächtigen Bänken auf. Er zeigt über größere Erstreckung Richtungskonstanz des Einfallens und resultiert aus einer Reihe parallel verlaufender Grobrippelkörper.

Wesentlich häufiger ist eine **k l e i n r ä u m i g e** Schrägschichtung (Tafel 1, Abb. 2). Die Schüttungskörper erreichen maximal 1 bis 2 m Durchmesser, es finden sich sämtliche Übergangsgrößen bis hinab zur Flaserschichtung. Sie kommt ebenfalls in der Sand- bzw. Arenitfraktion vor, innerhalb 3 bis 8 m mächtiger, zusammenhängender Schichtkomplexe. Die Blätter sind durchweg steiler geneigt als bei der großräumigen Schrägschichtung. Es können Werte von mehr als 40° erreicht werden. Generell jedoch schwankt der Winkel um 20°. Häufig hat diagenetische Kompaktion den ursprünglichen Anlagerungswinkel verändert. Einschaltungen von Tonhäuten fehlen weitgehend.

Im Aufschluß bildet dieser Schichtungstyp das Bild der «Kreuzschichtung», d. h. die Richtung der Schüttungsblätter wechselt stark. Dies beruht nicht auf einer schnell wechselnden oder oszillierenden Schüttungsrichtung des Sediments, sondern ist lediglich durch die verschiedene Anschnittlage der einzelnen Schrägschichtungskörper bedingt.

### 2.2. Flaserschichtung

Die Flaserschichtung vermittelt zwischen der kleinräumigen Schrägschichtung und dem parallelschichtigen bis seltener massigen Schichtgefüge. Sie ist aus kleinen, linsenförmigen, welligen Schichtkörpern im cm-Bereich aufgebaut und tritt fast ausschließlich in Gesteinen der Feinsand- bzw. Feinarenitfraktion mit stärkerem Tongehalt auf. Der Ton liegt in Schmitzen und cm-langen, welligen Lagen zwischen dem gröber klastischen Material. Diese Schichtung ist charakteristisch für den vom Bergbau als Zwischenmittel abgetrennten Gesteinstypus. Wesentlich seltener kommt sie in Sedimenten der Mittelsandfraktion mit starkem Ooidgehalt vor. In diesem Fall sind die grobkörnigen Komponenten (Ooide, Schill) in eine feinklastische Matrix eingestreut.

### 2.3. Massige Bänke

Massige Bänke aus unregelmäßigem Grobschill und Schalenentrümmern kommen im Dach von schräggeschichteten Profilabschnitten vor. Ooide, Erztrümmer, aber auch Tonschmitzen sind nicht selten. Der Bergbau bezeichnet diese Bänke als «Bengelick». (Tafel 1, Abb. 5).

Einzelne mächtigere Sand- und Kalkbänke, im frischen Zustand ebenfalls homogen und massig, erweisen sich bei stärkerer Verwitterung als flaser- oder schräggeschichtet.

## 2.4. Parallelschichtung

Ein streng parallel ausgerichtetes Sedimentgefüge tritt gegenüber diesen drei Hauptschichtungsarten zurück. Es ist lediglich auf dünne, nur kurz durchhaltende Tonlagen beschränkt. Die scheinbare Parallelschichtung gröberklastischer Bänke ist auf spezielle Anschnittlagen von Großrippelkörpern zurückzuführen (vgl. 2.1.) (Tafel 1, Abb. 3).

## 2.5. Wühlgefüge

Häufig ist das primäre Anlagerungsgefüge durch die Aktivität von wühlenden Organismen weitgehend zerstört. Die Bioturbation ist fast ausschließlich auf feinkörniges, fasergeschichtetes Sediment der Zwischenmittel, mitunter nur auf deren oberen Teile, beschränkt. Sie kann aber auch in gröberklastischem Material in Großrippelschichtung vorkommen. Speziell in den kalkigen Lagern werden recht häufig kurze, senkrecht zur Schicht stehende, runde bis ovale, mit Ton oder Silt verfüllte Röhren von wühlenden Organismen gefunden. In den fasergeschichteten Bänken sind es selten schlauchartige Röhren von feinerem Material, meistens unregelmäßige, buchtige Schlieren, oft durch eine Tonhaut zum Sediment abgegrenzt.

Gut erhaltene Spurenfossilien sind in der Minette ziemlich selten und praktisch auf das oberste Zwischenmittel (L 3) beschränkt. Es sind, im Querschnitt flach-ovale, mehr oder weniger unregelmäßig verbogene Wülste, die sich fiederförmig verzweigen können (Tafel 1, Abb. 6). Sie sind besonders häufig auf mit Tonhäuten bedeckten Schichtoberflächen.

Sehr selten kommt eine zopfartige, U-förmig gebogene Weidespur vor, die mit Rhizocorallium vergleichbar ist. Sie wird ausschließlich auf Schichtflächen von Schillkalkbänken der kalkigen Lager angetroffen.

## 2.6. Limonitkrusten

Zu den sekundären Sedimentstrukturen gehören die in der Minette mannigfach vorkommenden Limonitkrusten. Sie verlaufen annähernd parallel zur Bankung und durchsetzen daher in schräggeschichteten Teilen häufig diskordant die Schichtblätter. Es handelt sich vermutlich um junge Sinterbildungen im Grundwasserbereich, da sie überwiegend in der Nähe von Schichtfugen auftreten und zudem über tonigen und mergeligen Lagen häufiger sind.

Daneben bilden Limonitschwarten in homogenen Schichtkörpern unregelmäßige, meist konzentrische Schalen, die sich im Abstand von wenigen cm übereinanderlegen. Sie treten nur in den unteren silikatischen Profilteilen auf und sind vermutlich aus der oxydierenden Verwitterung des hier häufig auftretenden Pyrits — ebenfalls im Grundwasserbereich — entstanden.

### 3. PETROGRAPHIE

Die petrographischen Untersuchungen wurden an orientierten Dünnschliffen von Profil 17 vorgenommen. Zum regionalen Vergleich wurden ferner vom Grauen Zyklus in den Profilen 6, 21 und 28 Schliffe angefertigt.

#### 3.1. Komponenten

Die prozentualen Anteile der einzelnen Komponenten wurden im Dünnschliff nach Schaubildern von TERRY & CHILINGAR (1955) geschätzt. Um die Genauigkeit der Schätzung zu erhöhen, wurden pro Schliff 20 Ausschnitte ausgewertet und die Anteile gemittelt. Die Ergebnisse sind in Abb. 9 und den Tab. 2 und 3 wiedergegeben.

##### 3.1.1. *Limonitische Ooide*

Im Dünnschliff erscheinen sie dunkel- bis hellbraun, manchmal auch rotbraun. Ihre Größe übersteigt selten 1 mm, sie sind kaum kleiner als 50  $\mu$ . Der Median der Kornsummenkurve schwankt zwischen 0,150 und 0,300 mm. Die konzentrische Schalenstruktur ist fast immer deutlich sichtbar. Es gibt sämtliche Übergänge von Ooiden mit sehr kleinem Kern und einem vielfachen Schalenaufbau, bis zu solchen mit großem Kern, um den sich nur ein bis zwei Schalen legen.

Der Kern besteht meist aus einem braunen bis rotbraunen, gerundeten bis länglichen Limonitkorn von blättriger oder körniger Struktur (Tafel 2, Abb. 4 und 2).

Untergeordnet können:

Trümmer älterer Ooide (Tafel 2, Abb. 1)

limonitische Erztrümmer

Quarz (Tafel 2, Abb. 3)

organische Schalenreste (z. T. vererzt) (Tafel 2, Abb. 5)

als Kern vorkommen.

Die Form der Ooide ist elliptisch bis rund, wobei die Formenfülle allerdings vor allem durch unterschiedliche Schnittlagen entsteht. Im Binokular erscheinen fast alle Ooide gleichartig dick linsenförmig. Die Oberfläche erscheint, bis auf Drucklösungsarben an Kontaktstellen, stets glatt. Sie sind nicht selten abgerollt, wobei die Oberfläche diskordant die Schalenabfolge abschneidet. Ein derart abgerolltes Ooid kann wiederum mit Limonitschalen umkrustet werden. Im Schliff ist dann deutlich eine Winkeldiskordanz im Schalenaufbau zu erkennen. Meistens sind derartige Körner aber nur mit einer dünnen Limonithaut umgeben.

Gelegentlich wurden «Zwillingsooide» beobachtet, bei denen die äußeren Schalen um zwei bereits fertige Ooide gleichzeitig weiterwachsen. Unregelmäßig, plastisch zerdrückte Limonitooide wurden nur in den Proben 28 und 29 von Profil 17 beobachtet.

Röntgendiffraktometrisch konnten an Proben ausgelesener Ooide

Gæthit

Haematit

Calzit

Quarz

nachgewiesen werden.

### 3.1.2. *Eisensilikatische Ooide*

Sie sind unter dem Mikroskop gelb-grün bis gelb-braun. In Größe, Form und Aufbau ähneln sie sehr den Limonitoiden, sind allerdings wesentlich häufiger stark deformiert (BUBENICEK's «Spastolithe», Tafel 2, Abb. 6). Im polarisierten Licht zeigen sie ein dunkles, je nach der Form der Ooide deformiertes Kreuz, dessen Schnittpunkt mit dem Zentrum des Ooids zusammenfällt. Es ist dies eine Folge des konzentrischen Schalenaufbaus, wobei allerdings nicht festzustellen ist ob die Längsachsen der einzelnen Kristallite radial oder tangential angeordnet sind.

Öfters sind konzentrisch angeordnete Pyritkriställchen zu beobachten, die den Schalenaufbau der Ooidstruktur unterstreichen (Tafel 2, Abb. 6). Im Einflußbereich von Limonit-aureolen oxydierter Pyritschlieren sind sie in Limonitooide umgewandelt.

Der eisensilikatische Mineralbestand der Ooide konnte mit dem Röntgendiffraktometer im einzelnen nicht bestimmt werden. Für eine genauere chemische Beschreibung sei auf BUBENICEK (1961, S. 59 ff.) verwiesen. Er hält die Silikate für Mischungen von Chloriten und Pseudochloriten, die als «Leptochlorite» abgetrennt werden.

### 3.1.3. *Quarz*

Klastische Quarzkörner sind in sehr unterschiedlicher Menge in allen Proben vorhanden. Größe (einige  $\mu$  bis ca. 1 mm) und Rundungsgrad schwanken stark. Größere Körner sind zumindest kantengerundet. Körner kleiner als ca. 0,1 mm sind immer splittrig und scharfkantig ausgebildet (Tafel 3, Abb. 3).

Es handelt sich bis auf wenige Ausnahmen um Bruchstücke von Einkristallen, die oft undulös auslöschen. Ausnahmen sind gut gerundete Aggregate von eng verzahnten Kristallen (Quarzite). Häufig sind die Körner vom Rand her korrodiert und von einer dünnen Limonit- oder Chlorithaut umkrustet. Die Korrosion kann ebenfalls auf Rissen ins Innere der Körner vordringen (Tafel 2, Abb. 3).

Selten ist eine diagenetische Verdrängung durch Karbonat, bis zur völligen Pseudomorphose von Karbonat nach Quarz. Einige seltene Quarzrelikte im Kern geben in solchen Fällen Aufschluß über den primären Mineralbestand. (Eine solche Verdrängung ist die Regel im unteren Teil des Grauen Lagers von Profil 27).

### 3.1.4. *Schill*

Eines der Hauptgemengteile der Minette sind die Fragmente organischer Reste. Es sind im wesentlichen Schalentrümmer von Mollusken, untergeordnet von Brachiopoden (Tafel 3, Abb. 4). Echinodermen (Tafel 3, Abb. 1) und Foraminiferen (Tafel 3, Abb. 6). Die Strukturen sind generell sekundär rekristallisiert.

In den Grobschillbänken im Dach der Lager erreichen die Molluskenschalen mehrere cm Größe, in den Lagern und Zwischenmitteln dagegen werden die Fragmente nur selten länger als 1 mm. Sie sind meist wenig gerundet, nur an den Enden etwas abgestumpft. Stärker gerundete Körner sind fast immer mit einer Limonit- bzw. Chlorithaut umgeben und von winzigen, fadenförmigen Gängchen durchbohrt (Tafel 3, Abb. 5). Ebenso wie Quarz kann auch das Schillkarbonat sekundär verdrängt werden, meistens durch Limonit. Im Gegensatz

zum Quarz kann der Schill vollständig ersetzt werden, so daß recht häufig Limonitkörner vorliegen, deren Form eindeutig den organogenen Ursprung verrät. Selten werden die Schalenreste auch von Siderit ersetzt, dessen Kristalle teils regellos im Inneren sprossen, teils aber auch geregelt vom Außenrand nach innen wachsen. Die Echinodermenreste sind gut gerundete, porige Körner, deren karbonatische Skelettsubstanz in Limonit oder Chlorit umgewandelt ist. Der Gehalt an Echinodermentrümmern beträgt im unteren kieseligen Teil des Profils um 1%. Im oberen kalkigen Teil nimmt er langsam zu. Ein auffallender Sprung findet an der Basis des obersten Zwischenmittels statt, von wo ab Werte um 3% vorkommen.

### 3.1.6. *Sonstige*

**Erztrümmer**, hauptsächlich limonitisch (Tafel 2, Abb. 2). Recht unterschiedlicher Größe, können sie von wenigen zehnern  $\mu$  bis zu 5 und mehr mm Durchmesser erreichen (BUBENICEK's «Granules»). Meist sind sie von ooidgleicher Größe, gutgerundet, mit glatter Oberfläche. Unter dem Binokular sind sie von Ooiden nicht zu unterscheiden, ihnen fehlt allerdings deren charakteristischer Schalenbau. Sie sind körnig oder blättrig aufgebaut, vergleichbar der Mehrzahl der Ooidkerne.

**Gerölle limonitischer Sedimente** sind im Dünnschliff gut kenntlich an ihrer zumeist dunklen Farbe und den immer vorhandenen Fremdeinschlüssen, meist feinkörnigem, scharfkantigem Quarz. Alle Übergänge zu Feinsandstein mit limonitischem bzw. chloritischem Bindemittel kommen vor.

**Körner eisensilikatischer Mineralien** finden sich in den chloritischen Erzen. Es sind 100 bis 200  $\mu$  große, strukturlose bis körnige, häufig auch faserige, blättrige Aggregate von gelb-grüner Farbe, deren optischer Charakter den Eisenchloriten der silikatischen Ooide vergleichbar ist.

## 3.2. **Matrix**

### 3.2.1. *Karbonatmatrix*

Sie ist fein- bis grobkristallin (5  $\mu$  bis mehrere mm), meist eng verwachsen mit einem der beiden anderen Bindemittel. Limonit kann dabei auf feine stylolithartige Häutchen zurückgedrängt werden. Reine Karbonatmatrix tritt hauptsächlich in den oberen kalkigen Lagern auf. Die Kristallite wachsen z. T., bei Echinodermenresten sogar immer, orientiert an Schalen an.

### 3.2.2. *Limonitmatrix*

Es handelt sich hier stets um ein feinkörniges Gemenge von dunkelbrauner, limonitisch-toniger Grundmasse mit feinen Quarzsplintern und Karbonatkörnchen. Dieser Typ von Bindemittel tritt hauptsächlich im oberen Teil des Profils in Schlieren und Nestern auf. Bei limonitischer Matrix sind auch die Ooide durchweg limonitisch.

### 3.2.3. *Chloritmatrix*

Sie kommt oft rein vor, hat gelb-grüne bis blaßgrüne Farben und enthält gelegentlich feinstklastische Quarzkörner. Meist ist sie amorph und löscht unter dem Mikroskop vollständig aus. Sie kann aber auch feinkristallin sein und bei polarisiertem Licht diffuse Aus-

löschung zeigen. Mittelkörnige Chloritmatrix ist nur schwach blaßgrün gefärbt und besteht überwiegend aus Karbonat mit chloritischen Häutchen. Gemenge mit größeren klastischen Anteilen kommen wie bei der limonitischen Matrix vor.

Chloritisches Bindemittel kann auch mit Limonitoiden auftreten, ist aber meistens mit Chloritoiden vergesellschaftet. Zum Teil besteht die chloritische Matrix nur aus einem schmalen Saum von hellgrünen, radialstrahlig angeordneten Kristalliten, der sich um die einzelnen Komponenten legt, der aber ebenso Risse von zerbrochenen Ooiden ausfüllen kann (Tafel 3, Abb. 2).

### 3.3. Nomenklatur

Die Nomenklatur der Minettegesteine ist etwas problematisch, da fast immer eine Mischung stofflich verschiedener, klastischer Komponenten vorliegt.

Nach FÜCHTBAUER (1970) werden heute im wesentlichen zwei Korngrößenbezeichnungen für klastische Sedimente verwendet:

Ton — Sand — Kies für silikatische Komponenten

und:

Lutit — Arenit — Rudit für karbonatische Klastika.

Die beiden Korngrößenreihen werden auch hier nebeneinander verwendet, wobei die reichlich vertretene Limonit- und Chloritkomponente nach der Silikatreihe (Ton — Sand — Kies) benannt wird.

### 3.4. Gesteinstypen

Je nach der am Handstück unterscheidbaren Zusammensetzung (die Grundlage für die petrographische Säule in den Profilaufnahmen) werden folgende Gesteinstypen unterschieden:

#### 3.4.1. *Tone*

Sie kommen meist nur als Schlieren und Schmitzen in den flaserigen Areniten und Mergelsandsteinen (3.4.2.) vor und bilden Matrixanteile sämtlicher Gesteinsarten. Im schichtparallelen Anbruch fällt ihr Reichtum an Muskowitschüppchen auf.

Die Farbe wechselt von grün über grau bis zu rot-braun. Tone kommen aber auch als dünne Lagen und Häute zwischen Kalkbänken und innerhalb von Arenit- und Eisenoolithlagen vor. Sie sind hier zumeist in dünnen, warvenartigen Bändern abgelagert, oft mit welliger Schichtoberfläche. Sie führen selten Eisenoide, sind aber meist etwas kalkig. In den Tonlagen des Unterkalkzyklus treten gelegentlich massenhaft Exemplare von *Pinna* auf, teils in Lebensstellung, teils verdrückt in die Schicht eingeregelt.

#### 3.4.2. *Flaserige Arenite und Mergelsandsteine*

Es sind Feinsande und Silte, meist stark mergelig. Sie bestehen aus feinen, eckigen Quarzkörnern, die in einer tonigen bis mergeligen Matrix schwimmen. Der Anteil von feinem Schill kann gleich hoch werden wie der des Quarzes (maximal 25%), geht aber kaum darüber. Untergeordnet kommen Ooide vor (chloritisch bis limonitisch in den kieseligen Lagern,

limonitisch in den kalkigen). Tonschmitzen und Bioturbationsspuren geben dem Sediment ein schlieriges Aussehen («Structures contournées» von BUBENICEK). Dieser Gesteinstyp bildet geringmächtige, kompakte Bänke, die relativ hart sind und stark hervorwittern. Er zerfällt je nach Tongehalt blättrig bis schiefrig («Buch» der Bergleute). An der Basis treten häufig gut erhaltene Mollusken auf («Basisschill, Initialschill»).

#### 3.4.3. *Eisenoolithe*

Ihr Hauptgemengteil sind goethitische und chloritische Eisenooleide der Mittelsandfraktion. Mit 5 bis 20% tritt fein zerriebener Schill, mit 2 bis 10% klastischer Quarz auf. Letzterer ist im Gelände schlecht zu erkennen, da er meist von Limonit umkrustet ist. Erztrümmer sind relativ selten. Die Matrix besteht im unteren Teil der Abfolge aus tonigem oder chloritischem Material, in den oberen Partien aus fein- bis mittelkristallinem Karbonat. Seltener fehlt die Matrix ganz und das Gestein zerfällt locker.

Die Farbe geht von schwarz bis zu grau-grün in den tiefsten Lagern; von braun über gelb bis zu rot in den höheren. Die dunklen, grünen Farben deuten auf chloritische Gemengteile hin, bräunliche bis rötliche Farbtöne zeigen dagegen limonitische Paragenesen an. Das Gestein ist meist sehr mürbe und springt im Verwitterungsprofil stark zurück. Es enthält in der Minette die reichsten Eisengehalte (bis über 40% Fe).

Die Gesteine sind fast immer schräggeschichtet, stärker tonige Partien gelegentlich auch geflasert (z. B. die unteren Bereiche des Roten Lagers).

#### 3.4.4. *Bioarenite*

Sie bestehen im wesentlichen (um 30%) aus fein zerriebenem Schill der Mittel- bis Grobarenitfraktion. Ein Anteil von überwiegend goethitischen Ooiden ist immer vorhanden und es gibt sämtliche Übergänge zu schillhaltigen Eisenoolithen. Quarz kann ebenfalls bis zu 5% vorkommen, ist aber nicht so häufig wie in der Oolithfazies. Die Matrix (maximal 70%) ist karbonatisch mit seltenen tonigen Schlieren.

Die Bioarenite sind in ihrer typischen Fazies schräggeschichtet, können aber auch flaserig, ja fast massig vorliegen und zeigen in diesen Bereichen erhöhte Bioturbation. Das Gestein ist bei fehlendem Ooidgehalt sehr fest und spröde.

#### 3.4.5. *Biorudite*

Es handelt sich um massige bis schräggeschichtete Lumachellebänke, deren Hauptbestandteile bis zu 10 cm große, oft unversehrte Schalen von Mollusken sind (Lamellibranchier, Belemniten, seltener Ammoniten). Sie bilden ein unregelmäßiges, gerüstartiges Gefüge, das viel Porenraum enthält, der mit feinkörnigem Arenit, Ton und sekundär ausgeschiedenem spätigem Calcit gefüllt ist. Diese Biorudite treten als Abschlußschill der Lager auf.

Die schräggeschichtete Fazies stellt petrographisch ein Mischglied dar zwischen Bioruditen sowie Bioareniten und Eisenoolithen. Bei ihr wechseln oft grobe Schalenlagen mit reinen Oolithblättern, wodurch die schräggeschichtete Sedimentstruktur betont wird (typisch ist der Dachkalkstein im Hangenden der Minette).

#### 3.4.6. *Konglomerate*

Die unter und über dem Dachkalkstein vorkommenden Konglomerate bestehen aus cm-großen Geröllen der Minette, aus Limonittrümmern, sowie aus cm-bis dm-großen, flachen, unregelmäßigen Platten eines mergeligen Kalkes mit Limonitüberzug («Geschiebe» der früheren Autoren). Untergeordnet kommen gutgerundete Quarzgerölle vor. Im Differdinger Becken sind die Konglomerate sehr geringmächtig, fehlen oft sogar ganz, wogegen sie im Escher Becken bis über einen Meter mächtig werden können.

Ähnliche Kalk-«Geschiebe» finden sich zuweilen an der Basis des Oberkalk-Zwischenmittels.

#### 3.4.7. *Karbonatische Knollen*

Charakteristisch für die schräggeschichteten Eisenoolithsande der Minette sind große, brotlaibförmige Karbonatknollen. In ihnen findet sich ein wesentlich höherer Karbonatgehalt als in den zwischen den Knauern liegenden mürben Erzpartien, wo meist nur noch entkalkte, limonitisierte Schalenfragmente erhalten sind. Die Form der Knauern kann recht verschieden sein, hängt aber in auffallender Weise mit Größe und Typ der Schrägschichtung zusammen. So wurden flache, ellipsoidische Geoden nur in Bereichen mit kleinräumiger, trogformiger Schrägschichtung beobachtet. Geregelt sind die Knauern nur insofern als ihre Längsachsen überwiegend parallel zur Bankung liegen. Sie erreichen eine Größe von etwa 0,1 bis 1 m Länge in horizontaler Richtung. Mitunter berühren sich die Kalklaibe in einzelnen Lagen an ihren Rändern und gehen ineinander über. Derartige Knollenmatten können parallel zur Schicht liegen, verlaufen aber mitunter auch leicht geneigt, ähnlich großen Schrägschichtungsblättern. Geht der Zusammenschluß der Knollen noch weiter, liegen schließlich einheitliche Kalkbänke vor. Sie finden sich ausschließlich in großräumig schräggeschichteten Profilabschnitten und sind in das Anlagerungsgefüge eingeregelt, wie z. B. im Bereich des Roten Lagers. An den Schichtgrenzen solcher Lagen ist außer einer Änderung im Kalkgehalt kein Materialwechsel zu beobachten. In den unteren kieseligen Lagern bestehen ähnlich geformte Karbonatknollen aus Siderit.

Aus den Beobachtungen geht nicht eindeutig hervor, ob die Knauern und Bänke Konkretionen oder knollige Lösungsrelikte darstellen (in einigen Fällen wohl mit Sicherheit Relikte). Klar ist nur, daß sie nicht primär während der Sedimentation abgelagert worden sind.

In den kalkigen Knauern sind Schrägschichtung und Wühlgefüge besonders gut erhalten. Die Grenzen der Knollen verlaufen dabei diskordant durch das primäre Anlagerungsgefüge der Schrägschichtungsblätter. Ooide und Quarz sind in den entkalkten Bereichen prozentual häufiger als in den Knollen. Schill liegt dort nur noch als Pseudomorphose von Limonit nach Karbonat vor. Eine vermutlich auch aufgrund der Lösung erfolgte Kompaktion ist an einem flexurartigen Herabbiegen der Schrägschichtungsblätter an den Knauerngrenzen festzustellen. Der primäre Neigungswinkel dürfte somit nur noch in den Knauern erhalten geblieben, in den ausgelaugten Partien dagegen verstellt sein.

## 4. STRATIGRAPHISCHE UND REGIONALE BESCHREIBUNG

### 4.1. Vertikale Faziesgliederung

Die Verteilung der Gesteinsarten im Vertikalprofil läßt eine rhythmische Wiederholung gleicher Typen in einer bestimmten Reihenfolge erkennen. Die gesamte Schichtfolge läßt sich dabei in mehrere sedimentologische Zyklen einteilen, die mehr oder minder vollständig ausgebildet sind (Abb. 3).

Die Abfolge eines Idealzyklus beginnt mit der flaserigen, feinkörnigen *Zwischenmittelfazies*, in deren unteren Lagen zahlreiche, meist unbeschädigte Faunenreste vorkommen (Muscheln, Belemniten, Ammoniten, seltener Knochenreste von Vertebraten). Die Schalen sind z. T. noch in Lebensstellung. Dieser Schill an der Basis der Zyklen wird als «*Basisschill*» bezeichnet. Die Schalenführung wird nach oben hin allmählich geringer bis sich nur noch sporadisch Steinkerne finden. Typisch für das Zwischenmittel ist eine sehr ausgeprägte Bioturbation.

Mit einer scharfen Grenzfläche, auf der noch eine geringmächtige Lage von abgerollten Schalenbruchstücken (hauptsächlich Belemnitenrostren) auftreten kann, beginnt der wichtigste und meist mächtigste Teil des Zyklus, die schräggeschichtete *Lagerfazies*, mit Gesteinen der Mittel- und Grobsandfraktion. Der Ooidgehalt erreicht hier ein Maximum. Charakteristisch ist der horizontale und vertikale Wechsel von Lagen fester Karbonatknollen und entkalkten Bereichen. In den Lagerpartien treten die Anteile von Ton sowie von unversehrten Schalenresten stark zurück. Das Lager ist nicht unbedingt durch Ooidreichtum gekennzeichnet, sondern kann auch aus reinem Schillkalk bestehen. Tonhäute und schichtparallele Limonitkrusten häufen sich gegen das Dach hin, wo die Schrägschichtung oft einer Flaser- oder Parallelschichtung Platz macht.

Sehr abrupt ist die Grenze zu dem das Lager abdeckenden *Biorudit*. Die Unterseite dieses *Dachschills* ist oft wellig, kolk- bis loadcastartig ausgebildet. Die Grenze nach oben ist meist eben und gleichfalls scharf. Über ihr beginnt dann wieder (mit oder ohne Basisschill) das Zwischenmittel des nächsten Zyklus.

Die Zyklenfolge stimmt überwiegend mit der bisherigen Lagergliederung überein, so daß die im Bergbau gebräuchlichen Namen sowie deren Nummernbezeichnung nach LUCIUS (1946) für die entsprechenden Zyklen übernommen werden. Bei vollständiger Ausbildung werden im Differdingen Becken neun Zyklen ausgeschieden. (Tab. 1).

Zwischen Unterkalk und Oberkalk der alten Gliederung schalten sich ein bis zwei geringmächtige, oft unvollständige Zyklen ein. LUCIUS (1946) hat diese entweder wegen ihrer geringen Mächtigkeit übersehen, oder sie nicht als eigene Lager ausgeschieden, da sie wirtschaftlich immer völlig unbedeutend sind. Hinzu kommt, daß sie nicht überall im Becken entwickelt sind, sondern nur im S und SE beträchtliche Mächtigkeiten erreichen (bis zu vier Meter), im N und NE — außer am Prinzenberg — dagegen fehlen. Diese Zyklen sind aber insofern bedeutsam, als sie die Äquivalente der im Escher Becken recht mächtigen und abbauwürdigen Gelben Lager und Gelben Nebenlager darstellen könnten.

BUBENICEK (1961) gibt von Hussigny (Anl. 1) ebenfalls neun Zyklen für die Gesamtfolge an.



*Gryphaea*

---

*Zwischenmittel-  
fazies*

rot

---

*Dachschill*

---

*Lagerfazies*

gelb

---

*Zwischenmittel-  
fazies*

---

*Dachschill*

---

*Lagerfazies*

grau

Abb. 3: Rollesberg, Zyklus des Gelben Lagers. Beispiel eines vollständig ausgebildeten Zyklus

## 4.2. Regionale Beschreibung der Zyklen

### 4.2.1. Zyklus des Grünen Lagers

Dieser Zyklus wurde nie über Tage beobachtet, teils weil er wegen zu geringer Mächtigkeit bzw. Eisenführung nicht abgebaut wird, teils weil er an der Basis des Abbaustoßes durch nachstürzendes Gestein verschüttet ist. Es wird daher auf frühere Autoren, speziell LUCIUS (1946) und BUBENICEK (1961) verwiesen.

### 4.2.2. Zyklus des Schwarzen Lagers

Der Zyklus des Schwarzen Lagers ist nur in einem etwa 2 km breiten, NNW-SSE, über Hunnegfeld, Rollesberg, Ronneberg verlaufenden Streifen ausgebildet. In den Profilen 12, 13, 14, 15, 16 fehlt er. Das Zwischenmittel ist nur gelegentlich als Sohle in den Tagebauen aufgeschlossen. Es konnte in der Nähe der Profile 17, 18 und 21 beobachtet werden. Es handelt sich um einen grau-grünen, auf Klüften gelb-braun oxydierten, mergeligen Feinsand von flaseriger Struktur. Kleine Pyritkriställchen, in verwitterten Bereichen unregelmäßige Krusten von Limonit, sind recht häufig. In Nestern und Taschen treten Anhäufungen von Molluskenschalen auf. Sie leiten in die Lagerfazies des Schwarzen Zyklus über.

Das Lager ist recht typisch in Profil 21 am Rollesberg ausgebildet. Im frischen Zustand ist das Erz blau-schwarz bis dunkelgrau, nimmt aber rasch im Zuge der Verwitterung heller graue bis grau-braune Farbtöne an. Es ist sehr mürb, was zu einem schnellen Verfall der Abbauwände führt. Kleine gelb-braune bis dunkelgrau-braune Ooide schwimmen in einer stark tonigen, dunklen Matrix. Stärker karbonatisch (sideritisch) ist das Bindemittel in hellgrauen, unregelmäßigen Kalknauern, die allerdings in einzelnen Lagen fehlen können. An Nebengemengteilen tritt Schill (meist unter 1 cm Korngröße) auf. Pectinidenreste herrschen vor. Größere Schalenbruchstücke und intakte Schalen sind selten.

Am mächtigsten ist das Schwarze Lager, das sich in seinem sedimentologischen und strukturellen Charakter als sehr gleichmäßig erweist, im S und im zentralen Bereich des Untersuchungsgebietes. Es erreicht in Profil 19 seine größte beobachtete Mächtigkeit von 2.60 m und bleibt in NW. verlaufender Richtung in den Profilen 20 und 21 etwa gleich mächtig. Mit abnehmender Mächtigkeit tritt es in den Profilen 17, 4, 5, 22 und 23 auf. Östlich des Ronnenberges fehlt es wahrscheinlich nach den Aufnahmen der früheren Autoren, es wird dort auch nicht abgebaut. Das nördlichste Vorkommen liegt in diesem Gebiet in Profil 17, wo es mit mehr als 1.60 m Mächtigkeit aufgeschlossen ist. Bei Profil 12 und 13 ist es mit Sicherheit nicht mehr ausgebildet.

### 4.2.3. Zyklus des Grauen Lagers

Der Zyklus des Grauen Lagers ist wegen seiner guten Aufschlußverhältnisse sowie seiner scharfen Abgrenzungen zum Liegenden und Hangenden genauer untersucht worden. Die geologische Gliederung stimmt generell mit der des Bergbaus überein, so daß für die unaufgeschlossenen Bereiche Daten des Stollenabbaus verwendet werden konnten. Hierzu wurden freundlicherweise von den Firmen ARBED und MMR Angaben über Geochemie und Mächtigkeit zur Verfügung gestellt.

#### 4.2.3.1. *Gefüge und Petrographie*

Der Zyklus des Grauen Lagers ist in seiner Ausbildung typisch für die untere, kieselige Lagergruppe. Er beginnt mit einem bis zu 2 m mächtigen, blau-grünen, verwittert gelbgrünen, feinsandigen Zwischenmittel. An der Basis tritt geringmächtig aber beständig eine Schillbank mit *Gryphaea ferruginea* auf. Daneben kommen andere Lamellibranchiaten vor, sowie Belemniten. Ammoniten treten im Basisschill selten auf, dafür finden sie sich aber häufig als Steinkerne über die gesamte Bank verteilt. In den höheren Partien treten mergelige Nester von Schalen auf, in denen ebenfalls Ammoniten in Schalenerhaltung vorkommen. Es sind überwiegend kleinwüchsige Dumortierienformen. Bei den Profilen 22 und 23 fanden sich einige Nautiloideen sowie große Exemplare von Pinna.

Das Gestein ist ein mergeliger Feinsand bis Silt. Im Schriff erscheinen die Quarze scharfkantig und eckig. Ooide fehlen oder treten sehr selten als spastolithische Chloritooide auf. Die Matrix ist hell bis dunkelgrün, tonig-chloritisch, mit feinklastischem Karbonatanteil.

Das Gefüge erscheint im frischen Zustand massig, nur von wenigen bankrechten Klüften durchzogen, an denen das Gestein bräunlich verfärbt ist.

Unmittelbar über der Zwischenmittelbank kann eine dünne Lage von Belemniten und Muscheln auftreten. Das darauf folgende Lager ist meist recht einheitlich ausgebildet. Die mürben Erzpartien sind grau- bis gelb-braun, die Ooide limonitisch bis chloritisch. Kalkige bis tonige Matrix tritt recht spärlich auf. Charakteristisch für das Graue Lager sind die immer auftretenden Karbonatknollen. Lokal können sie von unebenen, flach linsenförmigen Kalkbänken abgelöst werden (Profil 20), oder sie fehlen in einzelnen Lagerbereichen ganz. Eine großrippelförmige schräge Neigung der Knollenmatten ist manchmal gut zu beobachten. Speziell im oberen Lagerbereich können Eisenschwarten auftreten. Das Gefüge ist durchweg schräggeschichtet, kann nach oben hin aber flaserig werden.

Abweichungen von der normalen Ausbildung treten in den Profilen 21, 22, 23 und 27 auf. In Profil 21 trennt eine etwa 1 m mächtige Feinsandbank vom Zwischenmitteltypus einen oberen Lagerteil ab, der aus einer parallelgelagerten Bankfolge von Erz und schluffigen Mergeln besteht. Die Sandbank ist südlich des Differdinger Sprunges nicht mehr zu beobachten. Eine ähnliche Zweiteilung konnte in den Profilen 22 und 23 beobachtet werden.

#### 4.2.3.2. *Mächtigkeit des Zwischenmittels* (Anl. 3)

Die mächtigsten Bereiche treten in der Bohrung B 2 westlich Differdingen (2,33 m), in Profil 20 (2,10 m) sowie in Profil 22 (2,30 m) auf. Generell liegen die höchsten Werte im E und SE des Untersuchungsgebietes. Nach SW und N zu nimmt die Mächtigkeit beträchtlich ab, geht sogar im zentralen Teil auf 0 m zurück. Hier liegt die Lagerfazies des Grauen Zyklus unmittelbar auf der des Schwarzen. Im äußersten NW fehlen Angaben, weil dort der Abbau nur bis zur Sohle des Grauen Lagers hinabreicht. Die Mächtigkeit erreicht östlich und südlich von Lasauvage nochmals größere Werte (1,58 m in Bohrung 18 Rod, bzw. 1,65 m in Bohrung A 6).

#### 4.2.3.3. *Mächtigkeit des Lagers* (Anl. 4)

Im Bereich der von der Firma ARBED abgebauten Reviere, speziell unter dem Tillenberg und dem Grand Bois, werden von den Bergleuten ein oberes und ein unteres Graues Lager angegeben, zwischen denen eine kalkige Feinsandbank von wechselnder Mächtigkeit

liegt. Das Gelbe Lager wird nicht erwähnt. Die in der Gegend von Rodange und Lasauvage abbauende Firma MMR dagegen gibt in ihren Profilen nur *ein* Graues Lager, dafür zusätzlich ein Gelbes Lager an. An einer genau auf der Konzessionsgrenze liegenden Bohrung (18 Rod = A 25) konnten die unterschiedlichen Auffassungen miteinander parallelisiert werden. Das obere Graue Lager der ARBED mit dem dazugehörigen Zwischenmittel entspricht danach dem Gelben Zyklus der MMR. Für die Mächtigtkeitsangabe des Grauen Zyklus wurde daher lediglich das untere Graue Lager der ARBED berücksichtigt.

Die Isopachen zeigen im Vergleich zu denen des Zwischenmittels eine wesentlich stärker ausgeprägte Struktur. Die größten Mächtigkeiten liegen am Erosionsrand vor, wogegen im zentralen, überdeckten Bereich die Werte unter 3 m bleiben. Für den nördlichen Teil zwischen Titelberg, Kirchberg und Tillenberg fehlen die Angaben. Drei schüssel- bis rinnenförmige Sedimentationsräume mit großen Mächtigkeiten finden sich im NW, am Hunnegfeld und am Kirchberg, ferner im Gebiet um den Rollesberg sowie ganz im S, östlich von Hussigny-Godbrange. Geringe Mächtigkeiten treten am nordwestlichen Titelberg auf. Mittlere Werte zeigen das südwestliche Gebiet um die Profile 10 und 11, sowie ein schmaler Streifen im NE von Lasauvage. Ein markantes Mächtigtkeitstief befindet sich zwischen Lasauvage und Tillenberg, ein schwächeres, E-W-streichendes, zwischen Grand Bois und Rollesberg. Generell fällt ein um die E-W-Richtung schwankender Verlauf der Strukturen auf. Am Rollesberg nimmt die Mächtigtkeit mit Annäherung an den Differdinger Sprung ab. Der Einfluß von Setzung durch Verwitterung und Wegfuhr karbonatischen Materials auf die Mächtigtkeit des Lagers scheint nicht sehr groß zu sein, da an den am stärksten verwitterten Erosionsrändern die größten Mächtigkeiten beobachtet werden.

#### 4.2.3.4. *Mächtigtkeit des Gesamtzyklus* (Anl. 2)

Die Isopachenkarte des Gesamtzyklus spiegelt im wesentlichen die Summe der Mächtigkeiten von Zwischenmittel und Lager wieder. Lokal addieren sich dazu unbedeutende Beträge des Dachschills. Generell bleiben die Strukturen des mächtigeren Lagertypus, wenn auch in abgeschwächter Form, bestehen. Verstärkt erscheint der Mächtigtkeitssporn östlich von Lasauvage. Die NE-SW-Richtung tritt deutlicher als in den Isopachen der einzelnen Faziesbereiche hervor.

#### 4.2.3.5. *Eisengehalt des Lagers* (Anl. 5)

Mächtigtkeitstiefs entsprechen generell hohe Eisengehalte, Gebiete mit großen Mächtigkeiten weisen dagegen nur niedrige Werte auf. (Im N gehen hohe Eisengehalte mit großen Mächtigkeiten konform). Eine Erklärung für den ersteren Fall könnte die oben bereits erwähnte Karbonatlösung bieten, die sich weniger in der Mächtigtkeit als vor allem in der Eisenführung bemerkbar macht. Dies würde auch den hohen Eisengehalt etwa parallel zum Minetteausbiß erklären. Eine Bindung an Störungen liegt nicht vor.

#### 4.2.3.6. *Tiefenlinienplan* (Anl. 6)

Die Isobathen der Basis des Grauen Zyklus zeigen im wesentlichen die tektonische Verstellung der Schicht nach der Sedimentation an. Zu erkennen ist eine flache Einmündung im Zentralbereich des Beckens mit einer NE-SW-streichenden, nach SW abtauchenden Achse. Generell fallen die Schichten in Richtung des Pariser Beckens ein. Eine leichte Verbie-

gung tritt im Bereich des Differdinger Sprunges auf, wo ein westliches Einfallen zu verzeichnen ist. Der Schichtverlauf hebt deutlich die pultförmige Kippung der nördlichen Tiefscholle an der Störung hervor. Im S beträgt der Verschiebungsbetrag etwa 20 m, im N geht er auf kaum 10 m zurück.

Eine kleinere, grabenartige Einsenkung ist im Gebiet des Tillenberges zu beobachten.

#### 4.2.3.7. *Schrägschichtung* (Anl. 4)

Mit sekundären Verstellungen der Schrägschichtungsblätter ist wegen der häufig beobachteten Entkalkung zu rechnen. Sie bewirken aber vor allem eine Verflachung des Fallwinkels, weniger eine Abänderung des Fallazimuts. Bei genügend großer Zahl von Meßwerten kann daher angenommen werden, daß im statistischen Mittel die Schüttungsrichtungen ableitbar sind.

An neun über das Arbeitsgebiet verteilten Punkten wurden ca. 1500 Messungen vorgenommen. Die ermittelten Vektoren wurden im SCHMIDT'schen Koordinatennetz als Durchstoßpunkte in der südlichen Lagekugel eingetragen und verkleinert in die Mächtigkeitkarte des Grauen Lagers (Anl. 4) eingezeichnet. Die Häufung der Fallvektoren kann somit direkt in Beziehung zum Mächtigkeitstrend des Lagers gesetzt werden.

Die Durchstoßpunkte streuen generell stark, bilden aber in allen Diagrammen einen geschlossenen, halbkreisförmigen Ring am südwestlichen Außenrand. Die Maxima liegen meist im Mittelteil des Halbkreises. Die gegenüberliegenden Quadranten zeigen nur wenige Nebenmaxima oder zerstreut liegende Punkte (Profil 14/15, Profil 17). Der halbkreisförmige Bogen der Hauptpunktbesetzung deutet darauf hin, daß es sich wohl um trog- bis schaufelförmige Schichtflächen von sichelartigen Rippeln handelt. Die Hauptschüttungsrichtung dürfte also nur wenig von der Richtung der Halbkreisbisektrix abweichen.

Bei den Aufnahmepunkten P 4 und P 32/30 streuen die Punkte wesentlich stärker und bilden keinen zusammenhängenden Halbkreis aus. Zwei gleichstarke Maxima sind im SW- und im NE-Quadranten vertreten. Es kann sich hierbei um eine Überlagerung von zwei Schüttungsrichtungen in einem zu groß gefaßten Aufnahmebereich handeln oder um einen anderen Typ von Schrägschichtungskörpern (evtl. Oszillationsrippeln). Gegen die erste Annahme spricht, daß die Punkte nicht annähernd gleichmäßig auf alle Richtungen verteilt sind — bei der kontinuierlichen Meßweise würden sicherlich Übergangsrichtungen erfaßt — sondern daß sich zwei isolierte Maxima ausbilden, die Zwischenbereiche dagegen unterbesetzt bleiben. Ein bevorzugter Schüttungsvektor ist in diesen beiden Fällen nicht festzulegen.

Generell zeigt die mittlere Richtung aller Meßpunkte nach SW. Lokal können stärkere Abweichungen von der Generalrichtung auftreten, besonders dort wo die Mächtigkeit größeren Änderungen unterworfen ist. Vergleicht man die Richtungsmaxima mit der Mächtigkeitkarte, so divergieren die Richtungen beiderseits der geringmächtigen Partien, konvergieren dagegen zu den Gebieten großer Mächtigkeit. Das deutet darauf hin, daß zu Beginn der Sedimentation des Grauen Lagers ein Relief bestanden hat, das die Schüttungsrichtungen und somit auch die Ablagerungsrate bestimmt hat. Es dürfte sich dabei um ein verzweigtes Netz von Rinnen handeln, in denen die Mächtigkeit des abgelagerten Erzes am größten ist. Zwischen den Mächtigkeiten des Grauen Lagers und denen des Zwischenmittels ist ein Alternieren zu beobachten, wobei die Mächtigkeit des Lagers dort zunimmt wo die des Zwischenmittels geringer wird und umgekehrt.

#### 4.2.4. *Zyklus des Gelben Lagers*

Den stärksten regionalen Schwankungen in Gefüge und Petrographie ist der Gelbe Zyklus unterworfen. Er ist überall im S und im zentralen Bereich vertreten und keilt langsam nach N aus. In den Profilen 30, 31, 32 fehlt er ganz, in 27 und 28 ist er nicht sicher nachzuweisen. LUCIUS (1946) trennt im N ein recht mächtiges Gelbes Lager vom Roten ab. Es konnten allerdings keine Kriterien für eine Untergliederung des Roten Zyklus festgestellt werden.

Eine typische Schichtfolge im Zyklus des Gelben Lagers, die sich zugleich am meisten der Idealsequenz eines Minettezyklus annähert, findet sich in Profil 5. Sie beginnt über einer den Dachschill des Grauen Zyklus abdeckenden Tonlage mit einem etwa 30 cm mächtigen Initialschill, der allmählich in einen festen, grau-grünen, feinsandigen Mergel, das Zwischenmittel, übergeht. Bioturbation ist relativ selten, Ooide und Erztrümmer gibt es nur wenig. Auffallend ist der recht hohe Anteil an klastischem Quarz, der nicht nur für das Zwischenmittel charakteristisch ist, sondern auch in dem darüber folgenden, etwa ein m mächtigen Lagerteil reichlich vertreten ist.

Das Lager verdankt seinen gelben und ockerbraunen Farbtönen den Namen. Mürbe oolithische Partien mit kleinen, hellbraunen limonitischen Ooiden wechsellagern mit länglichen, an den Enden ausspitzenden Karbonatknollen mit wulstigen Oberflächen. Diese Konkretionen unterscheiden sich nicht wesentlich im Schillgehalt vom umgebenden Erz, sind auch stärker mergelig als die der anderen Zyklen. Kleine Tonschmitzen treten gelegentlich im Erz auf. Strukturell herrscht die für ein Lager typische, kleinräumige Schrägschichtung vor. Ein Dachschill fehlt, und eine dünne Tonlage begrenzt den Gelben gegen den Roten Zyklus. Diese Abfolge ist keineswegs überall in gleicher Mächtigkeit und Vollständigkeit ausgebildet. Speziell das Zwischenmittel kann bis auf wenige cm zusammenschrumpfen (P 4, 6, 7) oder gar nur durch eine Tonlage vertreten sein. Andererseits kann es bis auf mehr als zwei m anschwellen. Die Mächtigkeit der Lagerfazies alterniert generell mit der der Zwischenmittelfazies, wobei der Gesamtzyklus nach NE hin ausdünt.

Das Aufschlußbild des Lagers ändert sich rasch. Manchmal liegen stärker rundliche Konkretionen in mürbem Erz vor, meist aber findet sich die Fazies der schräg einfallenden Bankung einer Großrippelschichtung. Feste, karbonatische Bänke wechsellagern mit dünnen, mürben Erzpartien. Dem bankigen Gefüge ist gelegentlich eine kleinräumige Schrägschichtung überlagert, die teils bankgebunden ist, teils aber auch diskordant durch die Bankgrenzen verläuft. Recht bezeichnend für den Gelben Zyklus, besonders die Lagerfazies, sind zahlreiche horizontale oder schichtgebundene Limonitschwarten, speziell in erosionsexponierten Gebieten.

Eisengehalt und Mächtigkeit des Gelben Zyklus sind immer gering. Er wird deshalb im Bergbau meist dem Zwischenmittel des Roten Zyklus zugeschlagen. Lithofaziell aber ist er bis auf den äußersten NW überall vertreten.

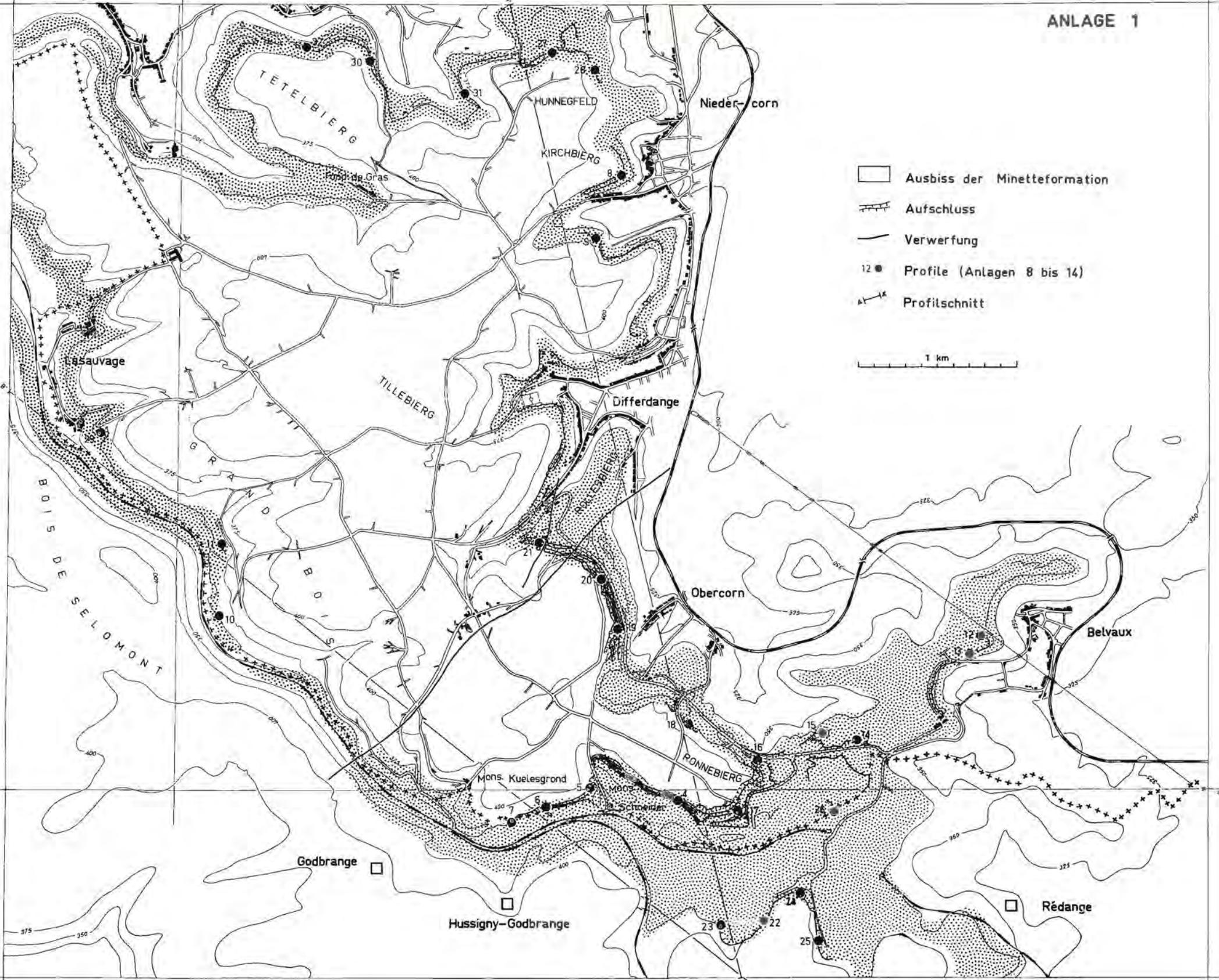
#### 4.2.5. *Zyklus des Roten Lagers*

Von wirtschaftlich größerer Bedeutung als das Gelbe Lager ist das Rote, das fast überall im Differdinger Becken abgebaut wird. Der Schichtkörper bildet eine Reihe NE-SW verlaufender Wälle, vergleichbar Sandbarren oder Großrippeln mit einem mehr oder weniger steilen Nordabfall und einer flachen SE-Flanke. Eine dieser Sandbänke verläuft etwa von

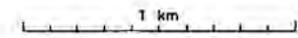
DIFFERDANGE S-O  
Rodange

DIFFERDANGE S-E  
Lamadelaine

# ANLAGE 1



-  Ausbliss der Minetteformation
-  Aufschluss
-  Verwerfung
-  Profile (Anlagen 8 bis 14)
-  Profilschnitt



ESCH 1:25 000

DIFFERDANGE S-O  
Rodange

DIFFERDANGE S-E  
Lamadelaine

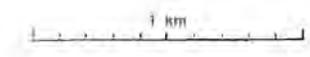
5° 35'

49° 12' 47"

# ANLAGE 2

Niedercorn

-  Ausbiss der Minetteformation
-  Mächtigkeit des grauen Zyklus (in m.)
-  Angaben der Industrie
-  Angaben von LUCIUS
-  eigene Aufnahmen



Lasauvage

Differdange

Obercorn

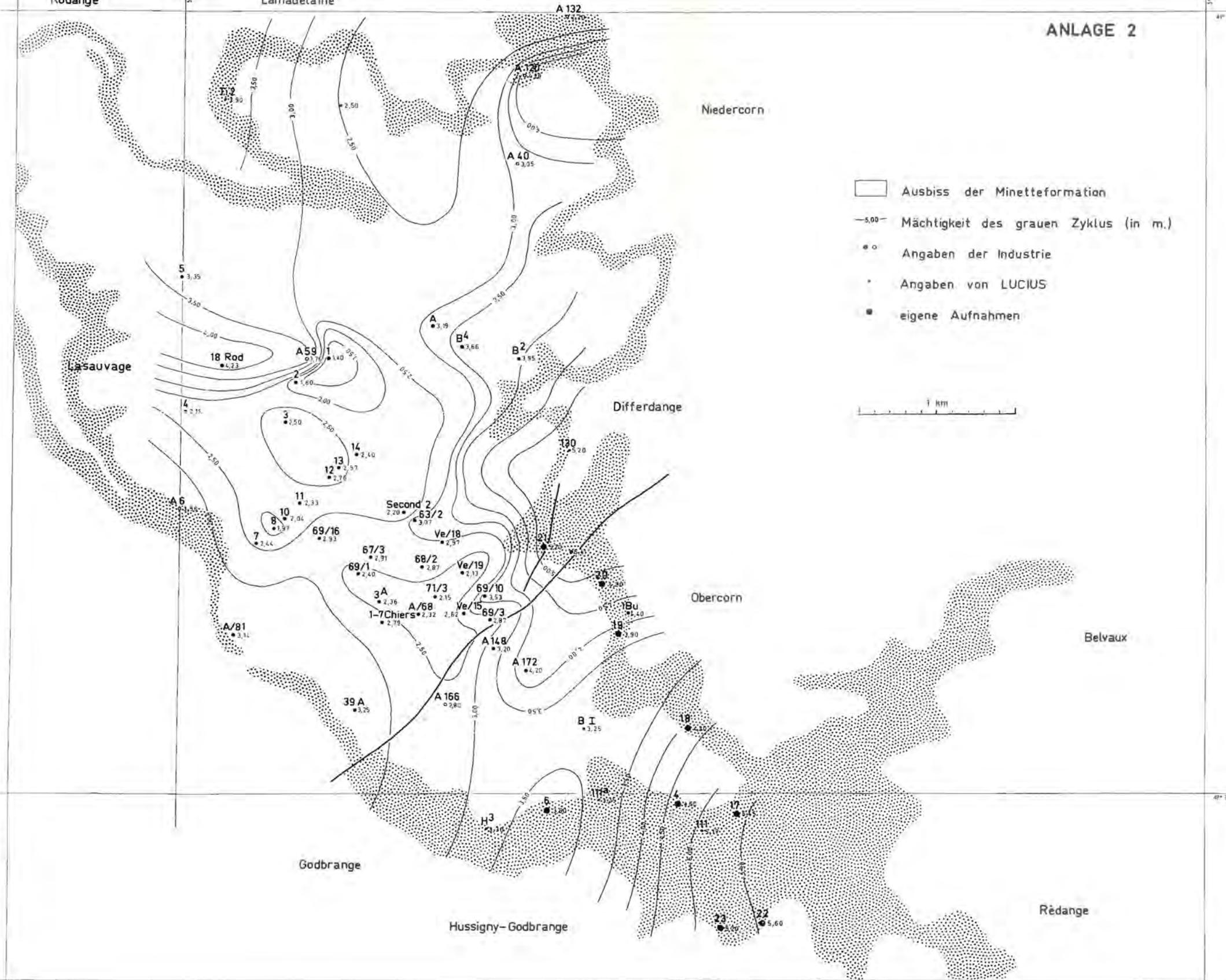
Belvaux

Godbrange

Hussigny-Godbrange

Rédange

ESCH 1:25 000



DIFFERDANGE S-O  
Rodange

DIFFERDANGE S-E  
Lamadelaine

# ANLAGE 3

Niedercorn

-  Ausbiss der Minetteformation
-  Mächtigkeit (in m.) des grauen Zyklus  
(Zwischenmittelfazies)



Differdange

Obercorn

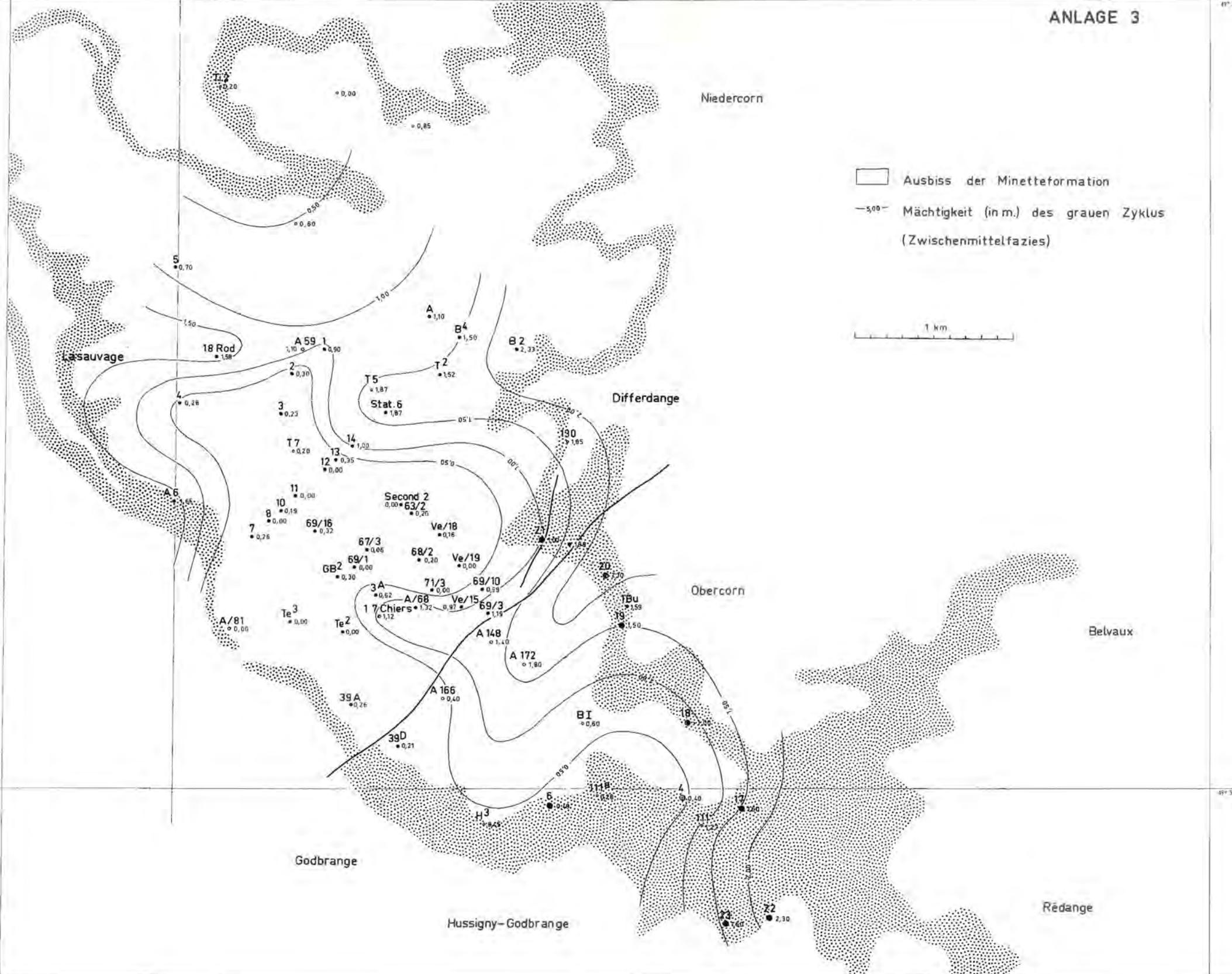
Belvaux

Godbrange

Hussigny-Godbrange

Rédange

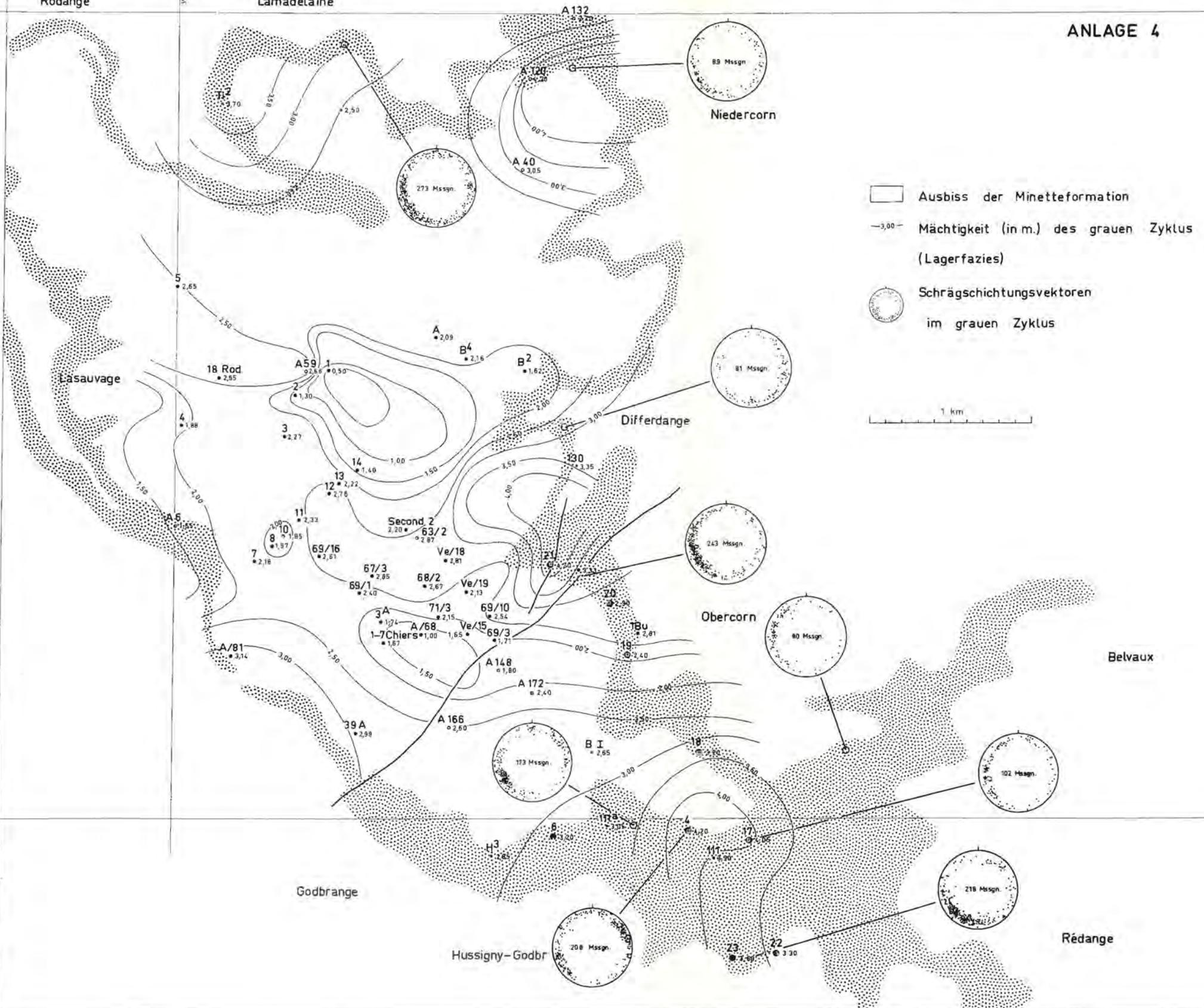
ESCH 1:25 000



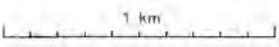
DIFFERDANGE S-O  
Rodange

DIFFERDANGE S-E  
Lamadelaine

# ANLAGE 4



-  Ausbiss der Minetteformation
-  -3,00- Mächtigkeit (in m.) des grauen Zyklus (Lagerfazies)
-  Schrägschichtungsvektoren im grauen Zyklus



ESCH 1:25 000





Profil 27 nach 29, mit der größten Mächtigkeit in Profil 28. Eine andere im SE des Ronnenberges, mit einem Mächtigkeitsmaximum von 6,30 m in Profil 16. Dazwischen liegt ein weiter Bereich mit geringen Mächtigkeiten.

Typisch ist der Rote Zyklus in Profil 25 ausgebildet. Er beginnt an der Sohle mit einem dunkelgrauen, feinsandigen Mergel mit wenig kleinen, limonitischen Ooiden und etwas feinem Schalengrus. Nach oben geht die 80 cm mächtige Zwischenmittelbank in einen dunkelbraunen, siltigen Mergel mit reichlich Bioturbationsspuren über. Der Schill- und Ooidgehalt nimmt zu, wellige Tonschmitzen treten gehäuft auf. Abgeschlossen wird das Zwischenmittel von einer im ganzen Differdinger Gebiet auftretenden Lage mit *Gryphaea ferruginea* und meist stark abgerollten Belemnitenrostren. (Abb. 4)

Die Lage tritt generell an der Basis der Lagerfazies auf, kann aber auch bis in das Zwischenmittel hinabreichen, oder an dessen Basis stehen. Gelegentlich treten zwei ähnliche Horizonte auf. Die Bergleute lassen mit dem Gryphaeahorizont das Rote Lager beginnen.

Die Lagerfazies ist in Profil 25 zuunterst als eine etwa 60 cm mächtige Wechselfolge von großräumig schräggeschichteten, kalkigen und mergeligen, eisenreichen Bänken aufgeschlossen. Sie wird von drei m rot-braunem bis violett-rottem Erz überlagert. Es wirkt massig, nur durch wenige dünne Tonlagen untergliedert. Gelegentlich auftretende kalkigere Bänke und Tonflatschen lassen aber eine flache Großrippelschichtung erkennen, die unten und oben von Fugen begrenzt wird. Das Erz ist mergelig, z. T. sogar tonig ohne Karbonatgehalt. Die Ooide können lagenweise in Größe und Farbe wechseln, der spärlich auftretende Schill



Abb. 4: Profil 16, Zyklus des Roten Lagers. Lage von *Gryphaea ferruginea* an der Basis der Lagerfazies.

ist meistens limonitisiert. Auffallend ist dagegen ein nach oben stark zunehmender Quarzanteil. Die Körner sind überwiegend gut gerundet und meistens mit einer Limonithaut überzogen. Zusammen mit dem Quarz treten Erztrümmer auf, die gleiche Korngrößen (bis ca. 1 mm) haben. Das Rote Lager führt in diesen Bereichen das trümmerreichste Erz im Differdinger Becken. In den quarzreichen Zonen findet sich wenig karbonatische Matrix, so daß das Gestein schon nach kürzester Verwitterungszeit zerfällt. Gegen den Unterkalkzyklus wird das Lager von einem violett-roten, parallel gebankten, ooidreichen Mergel abgegrenzt.

Diese Ausbildung findet sich in den meisten anderen Profilen wieder, jedoch schwanken die Mächtigkeiten von Zwischenmittel und Lagerfazies. Die Zwischenmittelfazies kann in großer Menge Tonschmitzen führen, ebenso das Lager, wenn es geringmächtig ist. Die Tonlagen verleihen dem Erz ein blättrig-schiefriges Aussehen (Taf. 1, Abb. 4).

Gelegentlich finden sich Belemnitenrostren. Im Bereich der Gryphaeabank können mitunter große Ammoniten auftreten (z. B. *Lytoceras*).

Der Karbonatgehalt des Lagers kann auch in großen, rundlichen Knauern konzentriert sein. Die Schrägschichtung ist dann kleinräumig. In Profil 22 ist der gesamte Ooidanteil durch Schill ersetzt. Ein Dachschill findet sich nur in Profil 21, wo eine dünne Pinnabank auftritt.

#### 4.2.6. Unterkalkzyklus

Mit dem Einsetzen des Unterkalkzyklus erfolgt ein scharfer Schnitt im Stoffbestand, der verhüttungstechnisch von großer Bedeutung ist. Das Roherz wird nicht mehr als kieselig, sondern als kalkig bezeichnet, da das Verhältnis  $\text{CaO/SiO}_2$  jetzt größer als 1.4 ist. Strukturell und petrologisch unterscheiden sich die kalkigen Zyklen jedoch nicht wesentlich von den kieseligen.

Der Unterkalkzyklus ist der mächtigste im Differdinger Becken (er erreicht fast neun m in Profil 7). Trotzdem ist er nur lokal für den Abbau von Bedeutung da der Eisengehalt meist zu niedrig liegt. Das regionalgeologische Bild ist ähnlich dem des Roten Zyklus. Aus den Profilen läßt sich ein etwa NE-SW streichendes Mächtigkeitsmaximum herauslesen, das vom Rollesberg als breites Band beiderseits des Differdinger Sprunges in Richtung Godbrange verläuft. Hier werden in den Profilen 7 und 21 die größten Mächtigkeiten von 8.80 bzw. 8.40 m gefunden. Nach SE und NW nimmt das Lager gleichmäßig an Mächtigkeit ab, bis es in den Profilen 4 und 25 nur noch 4.60 m erreicht. Weiter im N ist eine langsame Mächtigkeitszunahme zu verzeichnen. Die Profilreihe im äußersten nördlichen Ausbiß um Titelberg und Prinzenberg, gibt wenig schwankende Werte zwischen 5.20 m in Profil 32 und 6.50 m in Profil 8. Auffällig ist das Zusammenfallen der großen Mächtigkeiten mit dem Verlauf des Differdinger Sprunges.

Typisch und vollständig erhalten ist der Zyklus des Unterkalk in Profil 20. Er beginnt, durch eine wellige Schichtfläche vom Roten Lager getrennt, mit einem ca. 2.20 m mächtigen Zwischenmittel. Dieses unterscheidet sich petrographisch und auch lithologisch erheblich von denen der kieseligen Zyklen. Es ist ein fester, z. T. spröder, gelb-brauner bis orange-roter, mergeliger Schillkalk, in den sich im unteren Bereich Mergellagen einschalten. Das Gestein ist dünnbankig, fast plattig, mit wulstigen Schichtflächen die mit Tonhäuten überzo-

gen sind. In der obersten Zone tritt zu der flaserigen Struktur gelegentlich eine sehr kleinräumige Schrägschichtung. Das Zwischenmittel ist stark von senkrecht zur Schicht stehenden Grabspuren zerwühlt. Selten sind auf den Schichtflächen zopfartige Spuren. Der Schill ist fein zerrieben, im zentralen Teil kann er jedoch Schalenbruch bis zu 5 mm Größe enthalten. Ein Initialschill fehlt, Ooide sind selten.

Eine mehrere cm dicke Tonschicht trennt das Zwischenmittel von dem 4,70 m mächtigen Lagerteil, der hier stark eisenhaltig ist und abgebaut wird. Er besteht aus einem dunkelbraunen, feinkörnigen Eisenoolith, in den sehr reichlich grünlich-weiße Kalkknuern eingelagert sind. Ebenso kommen rasch auskeilende, schillreiche Kalkbänke vor. Erztrümmer und Quarz sind spärlich vertreten. Gegen das Dach hin treten die Karbonatknollen gehäuft auf und schließen sich gelegentlich zu wulstigen Bänken mit Ooidnestern zusammen. Hier setzen reichlich Grabspuren ein, sowie vermehrt braunrote Tonschmitzen. Ganze Schalen sind sehr selten. Nur im mittleren Teil treten einige Nester mit Pinna auf, die sich auch in Profil 21 in einer 20 cm dicken Lage von blau-grauem, mildem Ton finden. Die Schrägschichtung ist durchgehend klein- bis mittelräumig.

Der kalkige Eisenoolith kann sich auf kürzester Distanz mit Schillkalken verzahnen, die nur noch in dünnen, schichtparallelen Linsen und Lagen Ooide führen. Solche Bereiche sind meist weiträumig schräggeschichtet. In Profil 29 wird das Lager ausschließlich aus steileinfallenden Blättern von wechsellagernden Kalkbänken und Oolithlagen gebildet (Taf. 1, Abb. 1).

Südöstlich von Profil 20 sowie in Profil 17 wird das Lager von einem fast ooidfreien, festen, gelb-braunen Schillkalk vertreten. In Profil 17 ist er so stark durchwühlt, daß das primäre Anlagerungsgefüge nur noch gelegentlich zu beobachten ist. Bei Profil 20 treten massenhaft bankrechte, runde Wurmröhren auf. Die Vertaubung des Lagers tritt hauptsächlich im äußersten SE des Untersuchungsgebietes auf.

Sehr starken Fazieswechseln unterliegt ebenfalls das Zwischenmittel. Im Gebiet des Cronière-Tales besteht es aus dunkelrot-braunen Mergeln (Profile 6 und 7). Im N ist es ein blau-grauer, spröder und harter, welliger Kalk. Er ist grob flasergeschichtet und ooidfrei (Profile 27 und 28). Oft fehlt das Zwischenmittel ganz und wird von dünnen Tonhäuten vertreten.

Größten Mächtigkeitsschwankungen unterliegt der Dachschill, der wohl in einzelnen Linsen abgelagert wurde.

#### 4.2.7. *Kalkige Zwischenzyklen*

Problematisch gestaltet sich die Grenzziehung zwischen dem Unterkalk- und dem nach bisheriger Stratigraphie darüber folgendem Oberkalkzyklus. In den südlichen und zentral gelegenen Profilen schalten sich zwischen den Dachschill des Unterkalk und das Zwischenmittel des Oberkalk, flaserige und schräggeschichtete Sedimente ein, z. T. in zweifacher Wiederholung. Sie grenzen meist mit einem Dachschill gegen den Oberkalk, und lassen sich durchaus zu einem, manchmal sogar zwei Sedimentationszyklen zusammenfassen.

Ihre Mächtigkeit mißt selten mehr als einige dm. Im S kann sie allerdings bis zu vier m anschwellen. Im NW und äußersten N fehlen beide Zyklen, schalten sich aber mit geringer Mächtigkeit in Profil 27 noch einmal ein. Die Zyklen scheinen an die Muldenachse gebunden

zu sein, da die größten Werte in ihrem südlichen Bereich auftreten, nach N und NW zu dagegen eine stetige Abnahme zu verzeichnen ist.

Die Ausbildung dieser Zwischenzyklen ist so starken lokalen Schwankungen unterworfen, daß eine vollständige Abfolge beider in einem Profil nicht beobachtet werden konnte. In Profil 4 ist einer der beiden Zyklen gut ausgebildet. Er beginnt mit einem 50 cm mächtigen, hellbraunen, schwach sandigen Mergel mit Tonschmitzen und Grabgängen. Im unteren Teil treten noch reichlich Ooide und feinklastischer Quarz auf, die nach oben aber zurücktreten, und nur noch auf schmale Linsen beschränkt sind. Mit einer stark wulstigen Schichtfläche grenzt das Zwischenmittel gegen die dunkelrote, oolithische Lagerfazies mit kleinräumiger Schrägschichtung. Sie kann mehr oder weniger kleine, längliche Kalkknollen enthalten. Quarz tritt reichlich auf, Schill ist auf die Kalkknauern beschränkt. Die Korngröße sämtlicher Bestandteile liegt im Feinsandbereich. Darüber folgt, mit unregelmäßiger Unterfläche ein mergeliger, flaseriger Kalk mit sehr reichlich ganzen Schalen. Das gelbe Gestein führt nur in den unteren und oberen Grenzpartien Ooide. Insgesamt wird dieser Schill einen m mächtig.

In den anderen Profilen kann dieser Zyklus durch eine oder mehrere dünne Schalenbänke in eine Vielzahl von Kleinzyklen aufgeteilt werden (Profil 10, 11). Die flaserige Zwischenmittelfazies fehlt in diesem Fall oft oder ist sehr geringmächtig. In den Profilen 20 und 29 sind die Zyklen auf eine geringmächtige Lagerfazies beschränkt.

In Profil 27 tritt an dieser Stelle ein dunkelblau-graues, siltig-mergeliges Zwischenmittel mit bis zu 0.2% Schwefel auf: für die oberen Minettezyklen durchaus ungewöhnlich.

#### 4.2.8. Oberkalkzyklus

Der Oberkalkzyklus ist für den Bergbau von sehr geringer Bedeutung, da er meist sehr eisenarm ist. Lediglich im SE, im Gebiet um den Ronnenberg, wird die Lagerfazies als minderwertiges Erz abgebaut. Hier erreicht der Zyklus auch seine größte Mächtigkeit von 4.60 m in Profil 17. Er ist oft nicht vollständig aufgeschlossen, da nach dem Abbau die darauf folgenden Glimmermergel sehr schnell darüber fließen.

In Profil 21 beginnt der Zyklus mit einem etwa 3 m mächtigen, in allen Profilen beispielhaft ausgebildeten Zwischenmittel: einem feinsandigen, rotbraunen Mergel in einer charakteristischen, flaserigen bis schiefrigen Ausbildung. Tonschmitzen sind recht häufig, Wühlspuren — z. T. sehr gut erhaltene Grabgänge — sind massenhaft vorhanden (Taf. 1, Abb. 6). Feinschill und sehr kleine, glänzende Limonitooide sind spärlich vertreten, Schalenreste und Belemniten finden sich in zwei dünnen, stärker kalkigen Lagen. Das Zwischenmittel wirkt auf den ersten Blick immer massig, nur durch wenige Schichtfugen untergliedert. Es ist kaum geklüftet und bricht beim Abbau in kubikmeter große Blöcke. Ist das Gestein längere Zeit der Verwitterung ausgesetzt, so wird es unansehnlich grau-braun und zerfällt schiefrig bis blättrig.

Darüber folgt eine ein m mächtige, dünn gebankte Wechselfolge von Oolithen und etwas festerem, mergeligem Feinschill. Die Wühlspuren treten hier zurück. Die flaserige Struktur macht einer sehr feinräumigen Schrägschichtung Platz. Ooide, Quarzkörner sowie Schillbruch sind sehr feinkörnig. Eine Tonlage trennt diese untere Lagerpartie gegen den oberen, typisch ausgebildeten Bereich ab. Die Schrägschichtung bleibt sehr kleinräumig, das Korn sehr fein.

Über dem Lager folgt eine etwa zehn cm mächtige, wulstige, schrägeschichtete Kalkbank mit Molluskenschalen.

Auffallend ist ein in vielen Profilen auftretender Geröllhorizont direkt an der Basis des Zwischenmittels, ein Zeichen für stärkere Turbulenz.

Das Lager ist in seiner Ausbildung wenig einheitlich. Die untere gebankte Partie kann zuweilen fehlen. Die Mächtigkeit nimmt gleichmäßig von N nach S zu. Einen Mächtigkeitsprung gibt es an der Differdinger Störung, wo in der Tiefscholle die Lagerfazies zwei m erreicht, in der Hochscholle dagegen fehlt. Nach S zu haben wir wieder die gleiche Entwicklung bis zu 3.40 m Lagermächtigkeit in Profil 17. Dieses Verhalten ist ein eindeutiger Hinweis für eine synsedimentäre Tektonik im Bereich des Differdinger Sprunges.

#### 4.2.9. Dachkonglomerat

Die größte Mächtigkeit von etwa 30 cm erreicht das Konglomerat in Profil 9. Es besteht hier aus einem gelben, lockeren Sand mit wenig kalkigem Bindemittel, in dessen unteren Teil bis zu handtellergroße, flache Gerölle eines braunen Kalkes auftreten. Z. T. führen sie noch einige ockergelbe Eisenooide. Sie sind sämtlich mit einer braunen Eisenoxydhaut überzogen, und zeigen oft flache Bohrgruben. Seltener finden sich Quarzgerölle der Kiesfraktion. Die Auflagerungsfläche auf dem Dachschill des Oberkalkzyklus ist uneben.

In den anderen Profilen ist das Konglomerat nur wenige cm dick oder fehlt ganz. Der Lockersandanteil tritt hier stark gegenüber dem Geröllgehalt zurück.



Abb. 5: Profil 4, Dachkalkstein. «Omissionsfläche» mit Bohrgruben und Austernbesatz

#### 4.2.10. Dachkalkstein

Der Dachkalkstein ist im gesamten Gebiet des Differdinger Beckens als höchstens 40 cm dicke, wulstige Kalkbank entwickelt, die sich unter Umständen in gedrängt liegende, flache Kalkknollen auflösen kann. Die Farbe schwankt von gelb-grau nach rötlich-braun. Das Sediment ist schräggeschichtet, seltener flaserig, und führt neben wenigen meist chloritischen Ooiden oft massenhaft ganze Schalen von Lamellibranchiern. Die Oberfläche der Bank zeigt fast überall deutliche Erosionsspuren (Abb. 5). Es ist die von LUCIUS (1946) und anderen Autoren im gesamten Minettegebiet beschriebene «Omissionsfläche». Sie zeigt flache Auskolkungen und Erosionsrinnen und ist oft von einer bis zu mehreren mm mächtigen Limonitkruste überzogen. Wo diese fehlt, treten im Querschnitt kreisrunde, nach unten sich birnenförmig erweiternde Bohrgänge auf, ferner Austernbesatz sowie lose auf der Oberfläche liegende Schalen von Brachiopoden und Muscheln, Seeigelstacheln, Belemniten, gelegentlich auch Bryozoen, alle abgerollt. Stellenweise findet sich auf dem Dachkalkstein ein ähnliches Konglomerat wie das unter 4.2.9. beschriebene. Der Dachkalkstein wird im Escher Becken von dem wesentlich mächtigeren «Dachsandstein» vertreten.

#### 4.2.11. Concavusmergel

Die von LUCIUS (1946) als Concavuszone ausgeschiedenen dunkelroten, sandigen Mergel mit gelben Kalkknollen und reichlich Ooiden werden im Differdinger Becken maximal

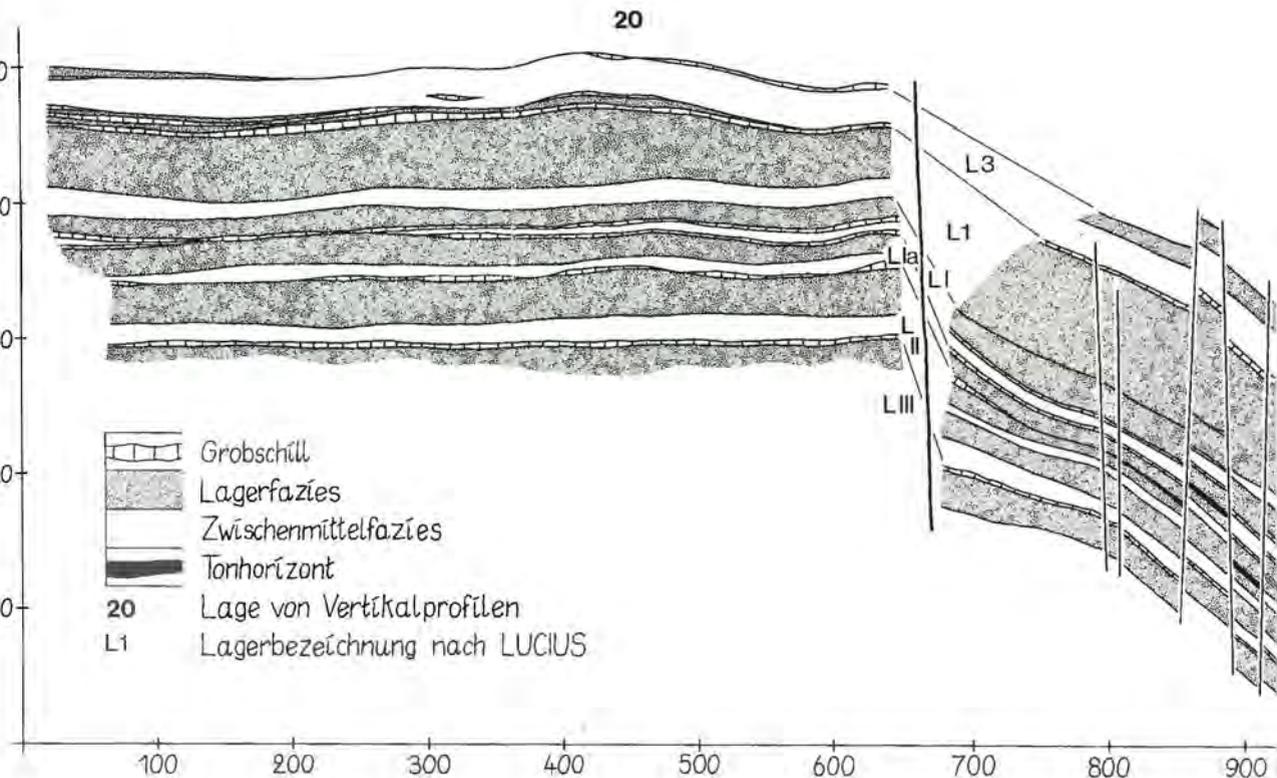


Abb. 6: Längsschnitt Rollesberg (SSE - NNW)

einen m mächtig. Sie leiten faziell über zu den Sedimenten im Hangenden der Minette, die mit den ooidfreien und nahezu fossilliceren «Glimmermergeln» oder «Mergeln über dem Erz» beginnen.

Die Concavusmergel sind lediglich in den Profilen 9, 21 und 28 aufgeschlossen. Ammoniten wurden bis auf ein verdrücktes Exemplar von *Brasilia* in Profil 28, nicht gefunden. Dafür erscheint eine reiche Fauna von Lamellibranchiern, Brachiopoden, Bryozoen und Echinodermen.

#### 4.3. Regionale Parallelisierung der Profile

Die hier dargestellte stratigraphische Parallelisierung der Zyklen und auch einzelner Bänke beruht allein auf lithologischen Faziesvergleichen. Es ist dabei sehr wahrscheinlich, daß die vertikalen Faziesgrenzen selbst im kleinräumigen Untersuchungsbereich nicht isochron verlaufen.

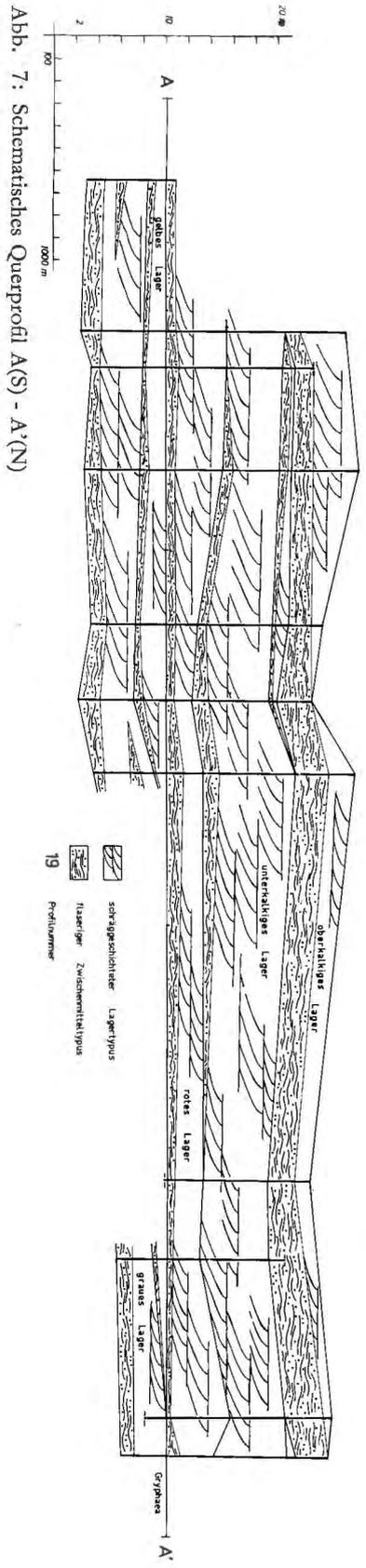
Einen kontinuierlichen Vergleich eng benachbarter Profile (20, 21) erlaubt der frische Abbau am Rollesberg (Abb. 6). Als Vergleichshorizont wurde die gut faßbare Untergrenze des Grauen Zyklus verwendet.

Im gesamten Aufschluß sind in größerer Entfernung des Differdinger Sprunges nur geringfügige Mächtigkeits- und Faziesänderungen festzustellen. Interessant erscheinen allerdings die Verhältnisse beiderseits der Störung. Die Lagerfazies des Oberkalkzyklus setzt unvermittelt auf der Hochscholle aus und erscheint allmählich wieder weiter südlich. Die beiden Zwischenzyklen der Südscholle sind nördlich der Störung verschwunden, ebenso wie die Zwischenmittelfazies des Unterkalkzyklus. Letztere erscheint erst wieder 200 m weiter nördlich. Das Zwischenmittel des Gelben Zyklus, direkt südlich der Störung mehr als ein m mächtig, wird auf der Tiefscholle von einer rasch auskeilenden Schillbank vertreten, die nach N zu in eine Tonlage übergeht. Die Lagerfazies des Grauen Zyklus wird auf der Nordscholle durch eine Kalksandbank zweigeteilt.

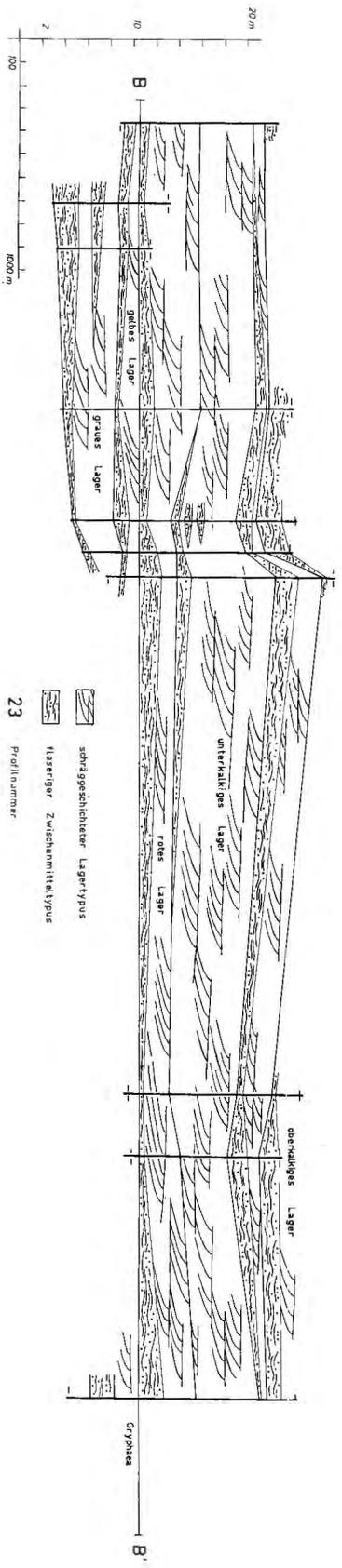
Diese raschen Änderungen sprechen deutlich für einen synsedimentären Versatz im Bereich des Differdinger Sprunges schon während der Sedimentation der kieseligen Lagergruppe, wogegen tektonische Bewegungstendenzen am Escher Sprung von LUCIUS erst für den kalkigen Lagerabschnitt vermutet werden. Das Dachkonglomerat sowie die darauf folgenden Sedimente sind beiderseits der Störung einheitlich ausgebildet.

Das Ergebnis der Parallelisierung ist in zwei schematischen Längsschnitten zusammengestellt (Abb. 7 und 8). Die Lage der Querschnitte ist in Anlage 1 wiedergegeben. Der Versatz an den Störungen wurde aufgehoben. In beiden Profilen ist der Beckencharakter des Sedimentationsraumes, mit von N nach S zunehmenden Mächtigkeiten zu erkennen, aber auch die Lage der im Querschnitt getroffenen, E-W verlaufenden Sedimentwälle.

Einen räumlichen Eindruck der Sedimentfolge vermittelt das schematische Blockbild der Anlage 7.



25 22 23 4 5 6 7 10 11 29



Rodange

9° 50' 50"

Lamadelaire

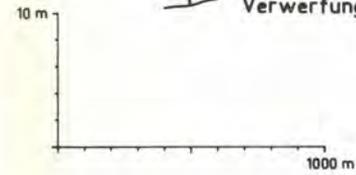
# ANLAGE 7

5° 58' 14"

48° 32' 42"

Niedercorn

-  Zyklus des grauen Lagers
-  L 1a Zyklus des gelben Lagers
-  Zyklus des roten Lagers
-  L 1 Zyklus des Unterkalk
-  kalkiger Zwischenzyklus
-  L 3 Zyklus des Oberkalk
-  Verwerfung



Lasauvage

21

Differdange

BOIS DE SELOMONT

20

Obercorn

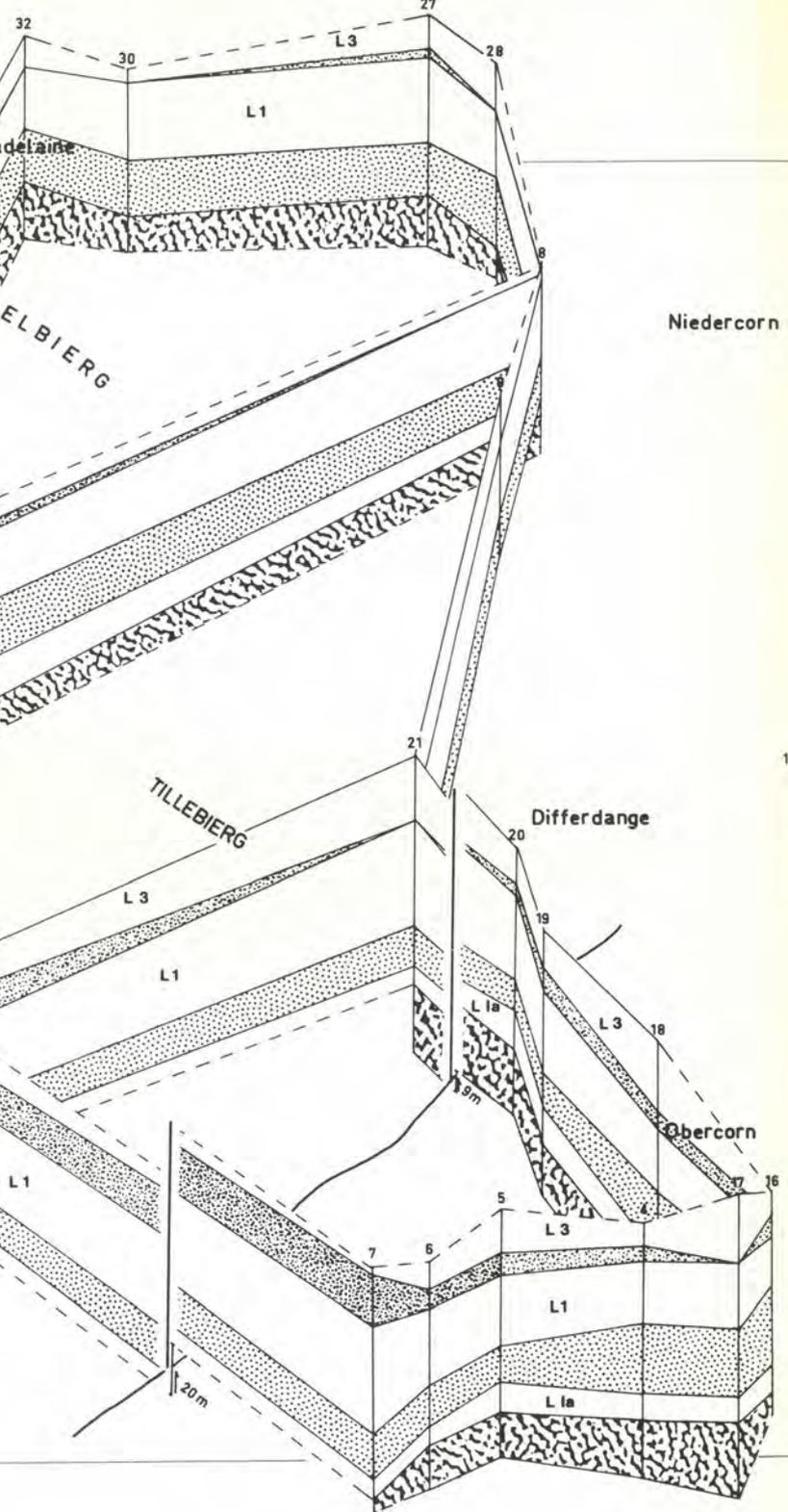
Belvaux

Godbrange

Hussigny-Godbrange

Rédange

49° 30'



## 5. PETROGRAPHISCHER VERGLEICH

### 5.1. Verteilung der Komponenten

Ein Vergleich der *Ooidhäufigkeitskurve* mit dem im schematischen Profil skizzierten Sedimentgefüge zeigt deutlich, daß der Ooidanteil allein kein ausschlaggebendes Kriterium zur Unterscheidung von Lager- und Zwischenmittelfazies ist. Im unteren, kieseligen Teil ist wohl eine markante Abnahme der Ooidhäufigkeit in den Zwischenmitteln (Proben 3, 6, 14) zu verzeichnen. In einigen Partien des kalkigen Teils dagegen verhält sich die Kurve umgekehrt, da die Häufigkeit der Ooide in deutlich schräggeschichteten Teilen des Unterkalk-Zyklus bis fast auf null absinkt (Probe 32), oder in einem typischen Zwischenmittel fast auf 30% ansteigt (Probe 40).

Isoliert betrachtet ist auch die *Schillkurve* wenig aussagekräftig. Sie zeigt keine gesetzmäßige Verknüpfung mit den ausgeschiedenen Faziestypen. Allein ein höherer Schillanteil im kalkigen Profilteil gegenüber einem niedrigeren im kieseligen deutet sich an.

Am stärksten korrespondiert die *Quarzkurve* mit den Gefügemerkmalen. Sie zeigt deutlich, besonders im kieseligen Teil hohe Anteile von klastischem Quarz im Bereich von Zwischenmitteln (Proben 3, 6, 14, 19, 40), niedrige dagegen in den Lagerbereichen.

Interessant ist ein Vergleich der drei Kurven untereinander. Im oberen Teil des Profils laufen die Ooid- und die Quarzkurve konkordant, die Schillkurve gegenläufig dazu. Dies ändert sich im Bereich der unteren Lager, wo nun im Gegensatz zur Schillkurve die Quarzkurve diskordant zur Ooidkurve verläuft. Dies Verhalten ergibt sich zwangsläufig aus den prozentualen Mengenverhältnissen der einzelnen Komponenten. Im kalkigen Profilabschnitt vertreten sich Ooide und Schill gegenseitig, wogegen der Quarzanteil wegen der zu geringen Menge keinen Einfluß auf die Schwankungen der beiden Hauptkomponenten hat. Umgekehrt ist es im kieseligen Bereich, wo der Schill ein Nebenbestandteil ist.

### 5.2. Korngrößenverteilung der Ooide

An 200 Ooiden pro Schliff wurden die Längsachsen gemessen und in Klassen eingeteilt. Die Kornsummenkurven wurden zum Vergleich mit Siebkorngrößen nach einem in G. MÜLLER (1964) beschriebenen Verfahren von FRIEDMAN (1958) umgerechnet. Die Methode gilt streng genommen nur für gut sortierte Sandsteine mit einem Mindestquarzgehalt von 70%, kann aber mit Vorbehalt wohl auch für die sehr gut sortierten Ooide verwendet werden. Die Verteilungskurven und ihre Parameter ändern sich zudem durch die Umrechnung in dem vorliegenden Fall nur wenig.

#### 5.2.1. Kornsummenkurve

Die Kornsummenkurve zeigt in den meisten Fällen eine lognormale Verteilung mit einem sehr deutlichen Maximum. In einem Fall (Probe 14) ist die Kurve bimodal. Bei den Proben 3, 28, 29, 36 und 38 findet sich neben dem Hauptmaximum ein kleines Nebenmaximum, meist in den groben Kornklassen. Probe 14 entstammt dem mittleren Teil eines Zwischenmittels, bei den anderen Proben handelt es sich um gröbere Schalenbänke. Hier wurden in eine mittelkörnige Hauptfraktion beim Sedimentationsvorgang grobe Komponenten eingestreut.

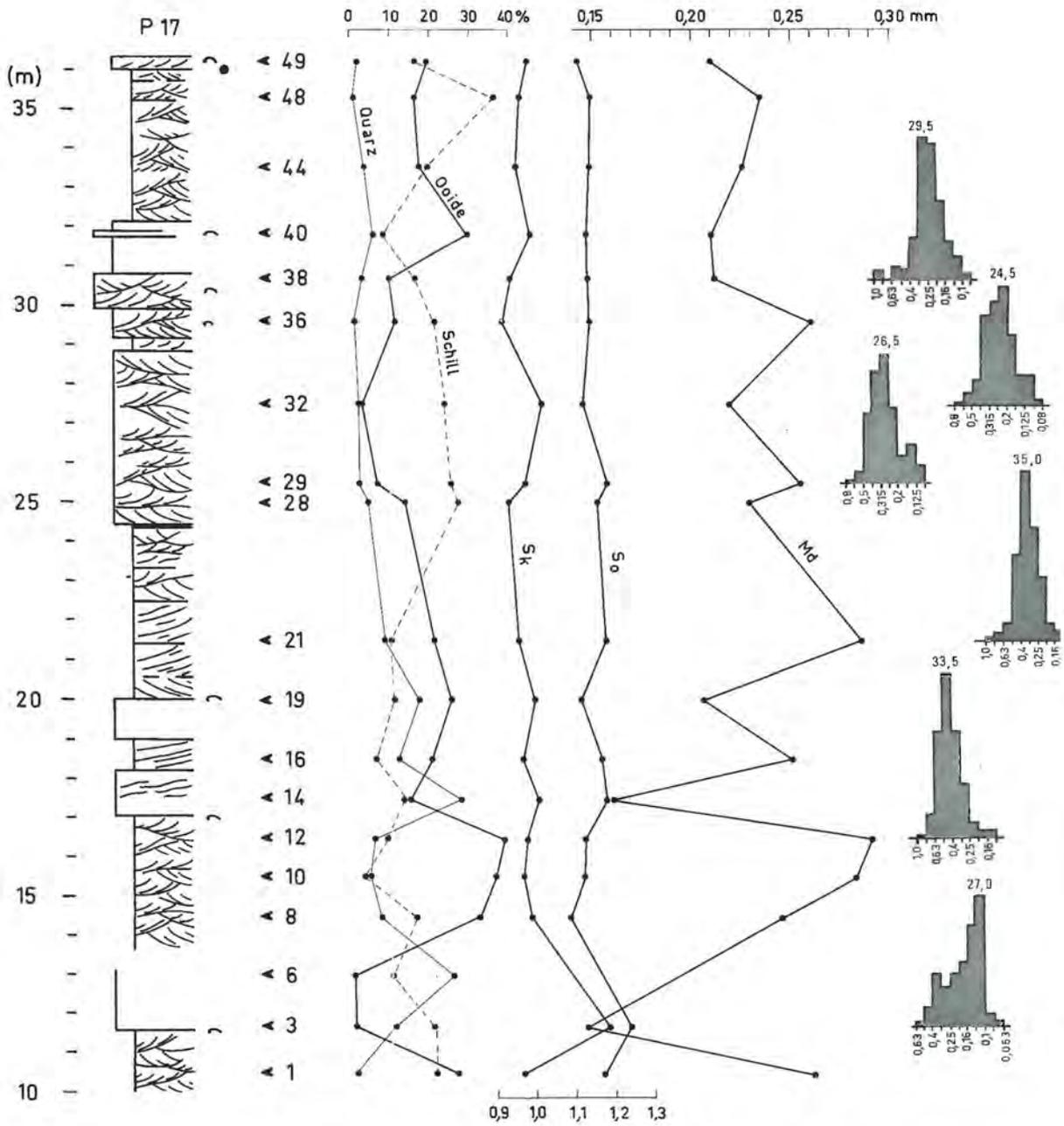


Abb. 9: Profil 17. Lage der Proben im Profil, Komponentenanteile sowie Korngrößenparameter und Histogramm der Ooidkomponente

### 5.2.2. Medianwert (Md)

Die nach den Verteilungskurven ermittelten Medianwerte liegen nach der üblichen DIN-Einteilung ausschließlich im Mittelsandbereich. Bis auf die Proben 3 und 14 stammen alle Ooide sogar aus dem groben Mittelsandbereich, 3 und 14 fallen in die Klasse des feinen Mittelsandes. Beide gehören der typischen Zwischenmittelfazies an. Deutliche Trends zum feinen Korn zeigen auch die übrigen Zwischenmittel und die flasergeschichteten Lagerteile. Der Medianwert ist somit vorzüglich zur lithologischen Vertikalgliederung geeignet, sogar in Bereichen, wo die makroskopischen Gefügemerkmale kaum noch eine Differenzierung erlauben (z. B. Unterkalk).

### 5.2.3. Sortierung (So)

Nach der von FÜCHTBAUER (1959) aufgestellten Bewertung des Sortierungsgrades für Sandsteine sind fast alle Werte aus Profil 17 kleiner als 1,23 und liegen damit in der Gruppe «sehr gut sortiert.» Zur lithologischen Gliederung ist der Sortierungsgrad daher nicht verwendbar, wenn man davon absieht, daß die Zwischenmittel des Grauen und Gelben Zyklus einen deutlichen Trend zu schlechterer Sortierung zeigen.

### 5.2.4. Schiefe (Sk)

Ein gutes Kriterium zur petrographischen Kennzeichnung stellt jedoch der Schiefeffizient der Kornsummenkurve nach TRASK dar. Werte kleiner als 1,0 zeigen eine Überzahl feiner, solche über 1,0 eine große Zahl grober Kornklassen an.

Bei fast allen Zwischenmitteltypen wird der Wert 1,0 überschritten oder nahezu erreicht. Es sind also gerade die Bereiche mit den kleinsten Medianwerten, deren Kornsummenkurven einen groben Schwanz, d. h. ein Übergewicht der groben Kornklassen zeigen. Diese Bereiche haben damit zugleich den schlechtesten Sortierungsgrad.

## 6. GEOCHEMIE\*)

Im folgenden wurde versucht, die Petrographie in direkten Vergleich zu den Gehalten der chemischen Hauptbestandteile zu stellen. (Die chemischen Profile wurden von den Firmen ARBED und MMR zur Verfügung gestellt). Die Ergebnisse sind in den Abb. 10 und 11 wiedergegeben.

### 6.1. Rollesberg (Abb. 10)

Hier wurde Profil 21 mit einem 200 m südöstlich davon liegenden chemischen Profil der Firma ARBED verglichen, das die prozentualen Schwankungen von Fe, CaO sowie des Rückstandes (Quarz und Tonmineralien) zeigt. Die im chemischen Profil eingezeichneten Lagergrenzen sind vom Werk angegeben. Die Abbildung erlaubt eine zwanglose Parallelierung zwischen Chemie und Sedimentologie.

Das Zwischenmittel des Grauen Zyklus hebt sich sehr deutlich von den beiden darunter und darüber liegenden Lagertypen ab, durch sehr niedrige Eisengehalte über die ganze Mächtigkeit, mehr aber noch durch das Vorschnellen der Rückstandskurve, bedingt durch den hohen Quarzsandanteil. Die Schillbank an der Basis tritt durch das sehr deutliche Maximum der CaO-Kurve hervor.

Im Schwarzen Lager und im Zwischenmittel des Grauen Zyklus verlaufen die Fe- und die CaO-Kurven konkordant. Die Rückstandskurve verhält sich im selben Bereich gegenläufig. Im übrigen Profil laufen die Fe- und die CaO-Kurven konsequent diskordant, wogegen die Rückstands- zur Fe-Kurve parallel verläuft.

Deutlich hebt sich auch die Kalksandsteinbank im Grauen Lager hervor, sie ist allerdings hier schon in zwei dünnere Einzelbänke getrennt. Gut wiedererkennen läßt sich ferner die mergelige Tonbank im Dach des Grauen Lagers, mit der eine eindeutige Grenzziehung zwischen dem Grauen und dem Gelben Zyklus möglich ist. Sie ersetzt hier das fehlende Zwischenmittel des Gelben Zyklus. Auch die Unter- und Obergrenzen des Roten Zyklus sind scharf zu ziehen. Die Untergrenze ist durch einen markanten Rückgang des Eisengehaltes sowie eine Zunahme von CaO und Rückstand gekennzeichnet, die Obergrenze durch eine CaO-Zunahme an der Abschluß-Schillbank. Weniger deutlich ist die Abgrenzung von Zwischenmittel gegen Lager, jedoch dürfte die Gryphaea-Lage mit dem CaO-Maximum zusammenfallen.

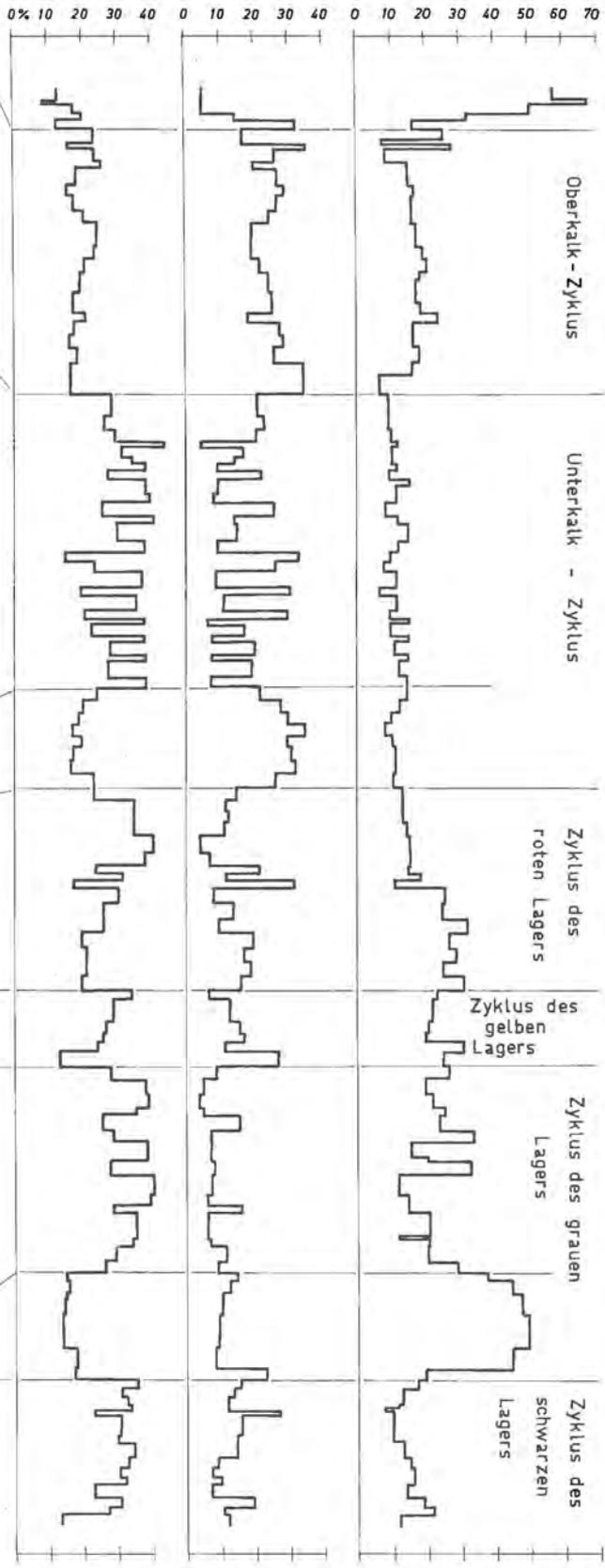
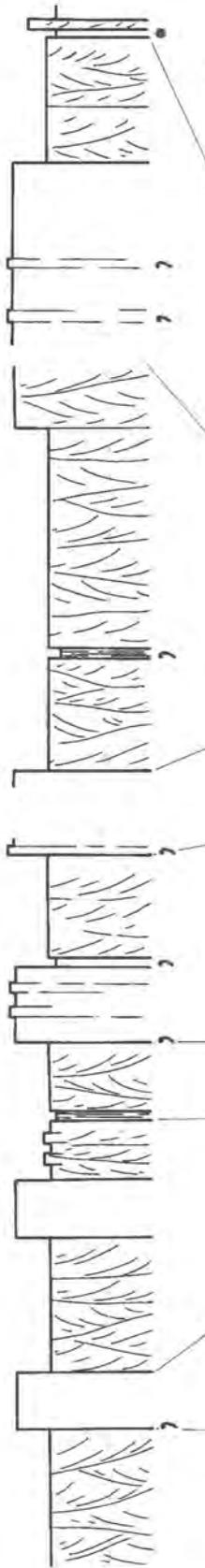
Eine Untergliederung des Unterkalkzyklus ist bis auf eine Abtrennung des hier ausgebildeten Zwischenmittels nicht möglich. Der Lagerteil selbst zeigt in den stark schwankenden chemischen Gehalten die Wechsellagerung von Kalkknauern und Erzlagen. Die Rückstandskurve ergibt für die Erzpartien höhere Gehalte. Die in Profil 21 deutlich hervortretende Lage von blau-grauem Ton mit Pinna ist im chemischen Profil nicht zu erkennen. Sie keilt, wie das Längsprofil vom Rollesberg zeigt, rasch aus.

Der Dachsill ist im Verlauf der Analysenwerte wiederum deutlich repräsentiert.

---

\*) Z. Zt. wird gemeinsam mit A. SIEHL der Spurenelementbestand der Minette im Hinblick auf die Möglichkeit einer stratigraphischen und paläogeographischen Unterteilung des Sedimentkörpers untersucht.

36  
34  
32  
30  
28  
26  
24  
22  
20  
18  
16  
14  
12  
10



Oberkalk - Zyklus

Unterkalk - Zyklus

Zyklus des roten Lagers

Zyklus des gelben Lagers

Zyklus des grauen Lagers

Zyklus des schwarzen Lagers

Eine Trennung des strukturell so auffälligen Zwischenmittels vom darüberfolgenden Lager des Oberkalkzyklus ist nach den chemischen Kurven kaum möglich. Wohl zeichnet sich der untere Teil durch relativ geringe, nach oben hin langsam ansteigende Fe-Werte, und abnehmende Cao-Gehalte aus. Die oberste Partie verrät wieder durch den oszillierenden Kurvenverlauf den konkretionären Charakter des bereits sehr geringmächtig gewordenen Lagerteils.

Mit einem Vorschnellen der Rückstandskurve und einem starken Fe- Rückgang zeigt sich das Ende der Minettefazies und der Übergang zu den Glimmermergeln an. Unmittelbar über dem Oberkalkzyklus ist noch einmal der Dachkalkstein in den chemischen Kurven abgebildet, eventuell entspricht auch das darunter liegende Rückstandsmaximum dem Dachkonglomerat.

## 6.2. Prinzenberg (Abb. 11)

Hier konnte ein Vergleich mit der unmittelbar neben Profil 27 entnommenen Schlitzprobe A 186 der Firma MMR erfolgen, die sich allerdings auf den oberen, kalkigen Teil des Profils beschränkt. Zusätzlich konnten hier die Schwefelgehalte des Gesteins mit eingezeichnet werden. Auch hier ist eine gute Parallelisierung möglich. Die Fe- und die CaO-Kurven verhalten sich wie in Profil 21 strikt antiparallel. Zwischen Unterkalk- und Oberkalkzyklus schiebt sich der nur wenige cm mächtige Zwischenzyklus ein, von dem besonders das Zwischenmittel durch hohe Rückstands- und extrem hohe Schwefelgehalte auffällt. Der Schwefel liegt wohl in Form von feindispersen Pyrit vor, worauf die dunkelblau-graue Färbung des Gesteins hindeutet. Hohe Pyritgehalte bedingen auch die bläuliche Farbe des spröden, flaserigen Kalkes an der Basis des Unterkalkzyklus.

In Profil 27 fehlt das Lager des Oberkalkzyklus. Das Profil bricht mit dem Dachkalk, der direkt über dem Zwischenmittel folgt, ab.

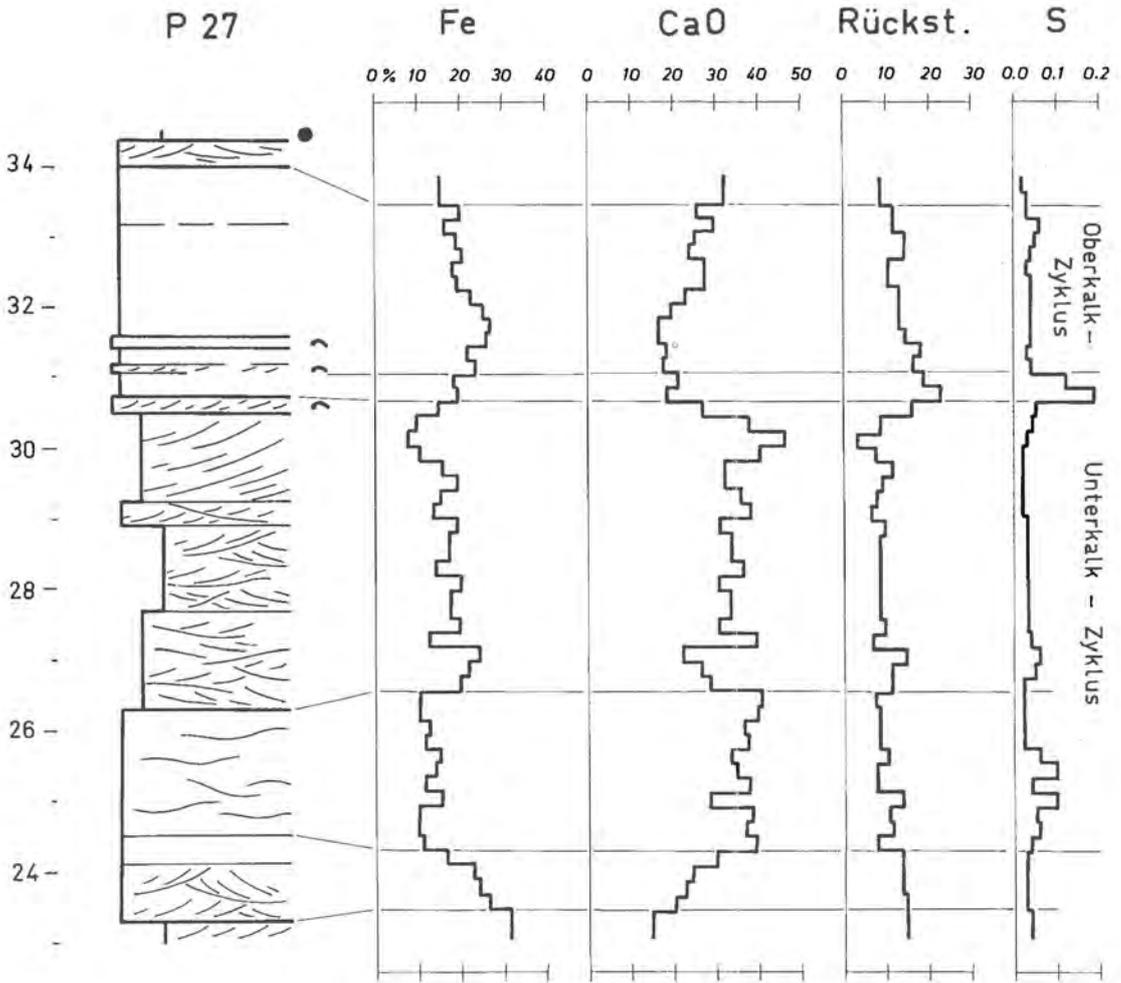


Abb. 11: Geochemisches Profil Prinzenberg

## 7. SEDIMENTATIONSGESCHICHTE

Zur Zeit der oberen Dumortierenschichten bildete das Differdinger Becken den nördlichsten Teil eines bis in die Höhe von Nancy reichenden Ablagerungsgebietes mergeliger Quarzsande. Mit den oberen Levesqueischichten setzte im nordwestlichen Differdinger Becken die Sedimentation der Minettegesteine mit ihrer sehr charakteristischen zyklischen Gliederung ein.

Die Zwischenmittel wurden als weitspannige Feinsandlinsen in relativ ruhigem Wasser abgelagert. Die starke Bioturbation läßt zusammen mit den in Lebensstellung befindlichen Schalen und der gefaserten Sedimentstruktur recht sicher auf Wattbedingungen schließen (BUBENICEK 1970).

Zum Hangenden wird die Wasserbewegung stärker, die obersten Schichten der Zwischenmittel werden zunehmend umgelagert, es kann in dünner Lage ein Aufarbeitungsschill auftreten. Die Flaserschichtung macht in der Lagerfazies der Schrägschichtung Platz. Hier passiert die Ablagerung der Eisenoolithe, die mehrfach umgelagert sind, wie die sehr gute Sortierung und der fein zerriebene Schill zeigen.

Im Dach der Oolithe entstehen bei vermutlich sehr starker Turbulenz, Bänke von grob zerbrochenen, schlecht sortierten Schalen in denen z. T. Faunen mehrere Biotope zusammengewemmt sind. Als geringmächtige Linsen keilen sie rasch aus und sind vermutlich aus Strandwällen im Brandungsbereich oder Reliktschillbänken im Gebiet starker Strömungen entstanden.

Sehr abrupt ist dann mit dem Zwischenmittel des nächsten Zyklus wieder der Übergang zum ruhigen Wasser. Diese Abfolge wiederholt sich insgesamt neun mal. Ein noch nicht genau faßbarer Wechsel in den Ablagerungsbedingungen vollzog sich zum Hangenden der silikatischen Lagergruppe.

Die Ooide der silikatischen Zyklen sind chloritisch, meist spastolithisch deformiert. Die Matrix ist tonig-chloritisch, seltener karbonatisch. Die Quarzkörner sind eckig und wenig korrodiert. Die Sortierung der Ooide ist weniger gut, Schill seltener als in den kalkigen Zyklen. Die Abfolgen sind immer vollständig mit Zwischenmittel und Lagerfazies ausgebildet. Der Abschluß-Schill ist nur dünn und fehlt öfters. Die Häufigkeitskurven der Komponenten zeigen deutlich, daß sich Quarz und Ooide gegenseitig vertreten, Schill nur eine untergeordnete Rolle spielt.

Wesentlich unruhigere Bildungsbedingungen herrschten dagegen in den kalkigen Zyklen. Die Ooide sind ausnahmslos limonitisch, oft abgerollt. Erztrümmer sind häufig, Quarzkörner gut gerundet und korrodiert sowie von einer Limonithaut umgeben. Schill, häufig ebenfalls limonitisiert, tritt massenhaft auf. Die Matrix ist fast ausschließlich karbonatisch. Die Zwischenmittel fehlen oft, Schalenbänke treten häufig und in großer Mächtigkeit auf. Wahrscheinlich hat sich ein neuer Sedimentzstrom geöffnet, der gerundete Quarze und viel Schill herbeiführte. Das reduzierende Milieu schlägt in ein oxidierendes um. Die Sedimente sind vielfach umgelagert. An der Basis des Oberkalkzyklus treten flache Kalkgerölle auf. Schließlich werden die Sedimente in das Erosionsniveau gehoben, ein Konglomerat und eine Omissionsfläche schließen die Minetteformation ab. Die darauffolgenden Glimmermergel und die schrägschichteten Hohebrückner Kalke stellen even-

tuell den ins riesenhafte aufgeblähten nächsten Zyklus dar, allerdings in einer gänzlich anderen Fazies.

Die paläogeographische Situation der Minette paßt so recht in das Bild weiter, flacher Schelfseebereiche, die nach der weltweiten Juratransgression ausgedehnte Gebiete der triassischen Pénéplaine sehr seicht überspülen. BUBENICEK (1970) deutet die Minette als Ablagerung eines weitverzweigten Deltasystems mit einem aus nördlicher Richtung kommenden Fluß, der die vom Festland stammenden Eisenlösungen herbeiführt. Dieses Schema läßt aber noch manche Fragen unbeantwortet. So ist es wegen der Faunenführung sehr wahrscheinlich, daß die Sedimente der Minette vollmarin sind. In einem derart großen Delta aber wie es BUBENICEK fordert, dürften limnische, höchstens brackische Verhältnisse geherrscht haben. Eine eigene Stellungnahme kann im Rahmen dieser Arbeit nur als Ausblick angedeutet werden:

Die vorherrschenden Sedimenttypen in der Minette finden sich in den Bildungen rezenter Watten, z. B. der Nordsee, wieder (Abb. 12). Die Abbildung zeigt deutlich den faziellen Übergang von Flaser- und Parallelschichtung im Schlick- und Schlicksandwatt, zu klein- und großräumiger Schrägschichtung im Sandwatt. Linsen von Schalenanhäufungen finden sich in allen Bereichen, bevorzugt aber am Strand und auf der stärker der Erosion ausgesetzten meerwärtigen Seite des Sandwatts.

Die Sedimente der Zwischenmittel lassen sich so zwanglos mit denen des Schlickwatts, die der Lager mit denen des Sand- und Schlicksandwatts vergleichen. Auch die spärliche Fauna der Lager weist durchaus auf ein dünnbesiedeltes Sandwatt hin, wogegen die häufig vorkommenden Steinkerne und die starke Bioturbation der Zwischenmittel mit der reichen Lebewelt der strandnahen Bereiche zu vergleichen ist.

Die Abfolge der einzelnen Zyklen ließe sich sehr einfach durch Überlagerung der nebeneinander liegenden Faziesstreifen bei vorrückender Küstenlinie erklären (Abb. 12). Die Lagerfazies greift auf die Zwischenmittel über und wird ihrerseits von der Schillbank abgedeckt. Beim Rückzug kommt die umgekehrte Sedimentfolge zur Ablagerung.

Dieser Vorgang wiederholt sich im Differdinger Becken neun mal.

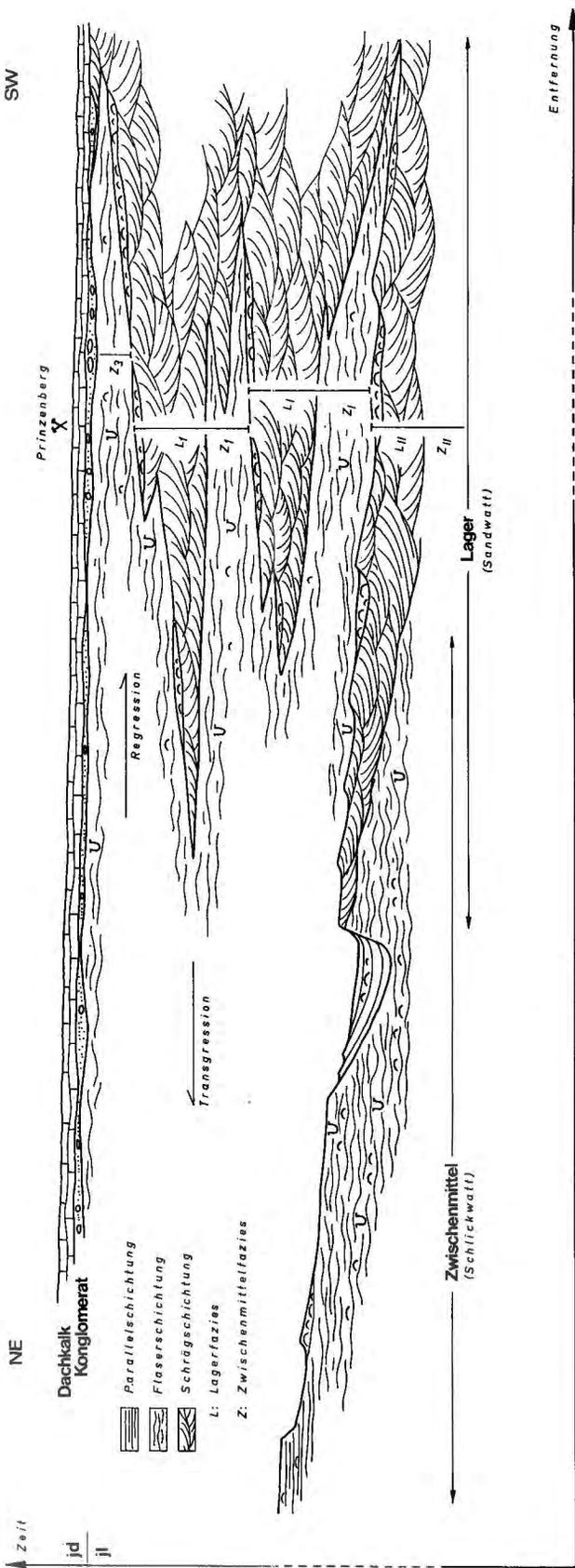


Abb. 12: Räumliches Nebeneinander und zeitliches Übereinander verschiedener Faziesbereiche führen zum zyklischen Aufbau der Minetteformation. Die Abfolge am Prinzenberg ist in das Schema hineinprojiziert. (Entfernungs- und Zeitmaßstab wechselnd).

Profil 17 Probe	Anteile in %					Granulometrie		
	Ooide	Quarz	Schill	Echin.	Sonstige	Md [ $\mu$ ]	So	Sk
49	19,5	2,4	16,3	2,9	1,3	200	1,11	0,98
48	16,3	1,1	36,5	1,3	1,6	235	1,14	0,96
44	17,8	3,9	19,0	3,4	6,7	226	1,14	0,95
40	28,4	6,1	7,9	3,0	1,8	210	1,13	0,99
38	10,0	3,0	16,4	1,1	8,1	214	1,13	0,94
36	11,3	1,1	21,2	1,5	6,8	260	1,12	0,92
32	2,7	2,4	14,0	1,5	5,7	218	1,18	1,02
29	7,0	2,4	25,3	1,1	5,6	255	1,16	0,98
28	14,1	4,9	27,3	1,5	4,6	229	1,23	0,94
21	20,9	9,0	10,0	0,4	4,2	285	1,12	0,96
19	25,3	17,3	11,0	1,1	4,3	205	1,22	1,00
16	20,7	11,7	6,2	0,6	4,7	250	1,17	0,97
14	14,9	27,8	14,0	1,4	5,6	160	1,18	1,01
12	38,3	5,7	9,0	0,7	5,2	290	1,13	0,98
10	36,3	5,1	4,2	0,5	5,6	282	1,12	0,97
8	32,3	7,7	6,2	1,5	4,3	245	1,09	0,99
6	0,3	25,8	10,5	0,2	5,8			
3	1,1	11,1	20,8	0,0	9,2	145	1,24	1,19
1	26,8	0,8	21,3	0,0	2,9	260	1,17	0,97

Tab. 2: Profil 17. Prozentuale Komponentenanteile, Korngrößenparameter der Ooide

Probe:	Anteile in %						Granulometrie		
	Ooide	Quarz	Schill	Echin.	Sonstige	Md [ $\mu$ ]	So	Sk	
Profil: 6, Graues Lager	58,8	8,9	1,9	0,4	4,2	243	1,16	0,96	
6, Graues Zwischenmittel	5,9	20,3	13,1	0,3	3,7	135	1,27	1,10	
21, Graues Zwischenmittel	0,7	22,3	19,6	0,0	3,8	—	—	—	
21, Graues Lager, unten	27,8	17,8	9,8	1,0	2,7	266	1,26	0,93	
21, Graues Lager, Kalksandbank	9,3	31,5	20,4	0,5	4,0	146	1,24	1,09	
21, Graues Lager, oben	21,0	11,3	18,2	0,2	7,8	250	1,17	1,14	
27, Graues Lager, unten	30,5	0,2	7,4	0,8	7,9	327	1,23	0,99	
27, Graues Lager, oben	24,0	10,0	15,6	1,1	4,1	250	1,20	0,97	
27, Graues Zwischenmittel	11,3	9,2	7,1	0,4	0,9	240	1,18	0,95	

Tab. 3: Zyklus des Grauen Lagers. Prozentuale Komponentenanteile, Korngrößenparameter der Ooide

## Schriftenverzeichnis

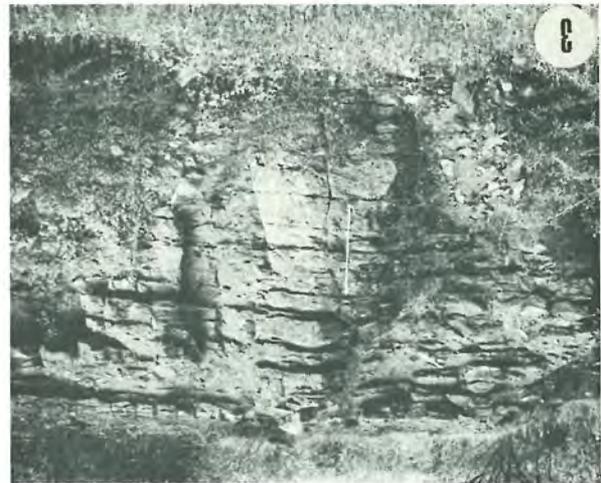
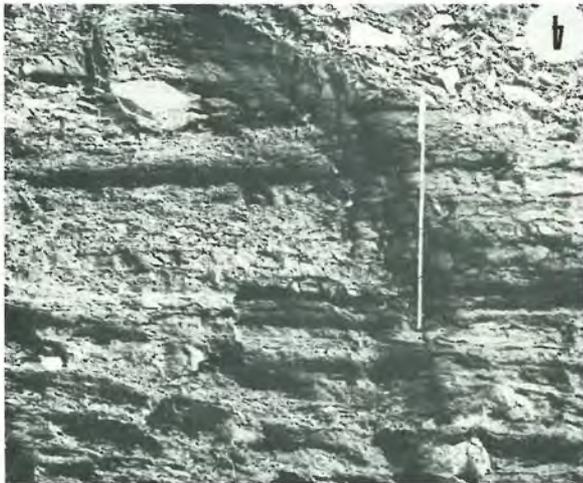
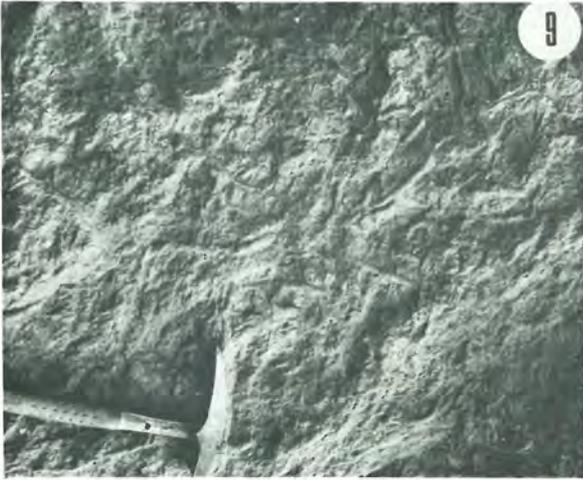
- ALDINGER, H.: Zur Entstehung der Eisenoolithe im schwäbischen Jura. — Z. dt. geol. Ges., **109**, Hannover 1957.  
—: Eisenoolithbildung und rhythmische Schichtung im Süddeutschen Jura. — Geol. Jb., **74**, Hannover 1957.
- BAAS-BECKING & MOORE, D.: The relation between iron and organic matter in sediments. — J. Sedim. Petrol., **29**, Menasha 1959.
- BENECKE, E. W.: Überblick über die paläontologische Gliederung der Eisenerzformation in Deutsch-Lothringen und Luxemburg. — Abh. über Elsaß-Lothringen, Straßburg 1893-1914.
- BERG, G.: Die Entstehung der sedimentären Eisenerze. — Geol. Rdsch., **15**, Stuttgart 1924.  
—: Vergleichende Petrographie der oolithischen Eisenerze. — Arch. Lagerst.-Forsch., **76**, Berlin 1944.
- BERG, G. & KARRENBERG, H.: Die oolithischen Eisenerze Lothringens. — Arch. Lagerst.-Forsch., **75**, Berlin 1942.
- BERNARD, A. & BUBENICEK, L.: Remarques sur les séquences sédimentologiques de l'Aalénien de Lorraine. — C. R. Acad. Sci. Paris, **250**, n° 20, Paris 1960.
- BERNER, R. A.: Stability fields of iron minerals in anaerobic marine sediments. — J. Geol., **72**, Chicago 1964.
- BERZ, K. G.: Über die Natur und Bildungsweise der marinen Eisensilikate, insbesondere der chamositischen Substanzen. — Fortschr. Geol. Paläont., **2**, Berlin 1926.
- BICHELONNE, J. & ANGOT, P.: Le bassin ferrifère de Lorraine. — Comité des études géol. du Bassin Lorrain, Nancy 1939.
- BUBENICEK, L.: Recherches sur la constitution et la répartition du minéral de fer dans l'Aalénien de Lorraine. — Sciences de la Terre, **8**, Nancy 1961.  
—: Géologie des gisements de fer de Lorraine. — Inst. de rech. de sidér. de France (IRSID), Maizières-les-Metz 1970.
- CAILLIERE, S. & KRAUT, M. F.: Considérations sur la genèse des minerais de fer oolithiques de Lorraine. — 19. Congr. int. géol., sect. 10, fasc. **10**, Alger 1953.
- Colloque du Jurassique 1962 à Luxembourg. — Publ. Inst. Grd.-Ducal, Impr. St. Paul, Luxembourg 1962.
- CORRENS, C. W.: Der Eisengehalt der marinen Sedimente und seine Entstehung. — Arch. Lagerst.-Forsch., **75**, Berlin 1942.
- FÜCHTBAUER, H. & MÜLLER, G.: Sedimentpetrologie II: Sedimente und Sedimentgesteine. — Schweitzerbarth, Stuttgart 1970.
- GHEITH, M. A.: Stability relations of ferric oxydes and their hydrates. — 19. Congr. int. géol. sect. 10, fasc. **10**, Alger 1953.
- HELLMERS, J. H.: Die Wanderung des Eisens in den Verwitterungsböden. — Arch. Lagerst.-Forsch., **75**, Berlin 1942.
- KARRENBERG, H.: Probenahme bei Erzen in der Lagerstätte. — 19. Congr. int. géol., sect. 10, fasc. **10**, Alger 1953.
- KLÜPFEL, W.: Über die Sedimente der Flachsee im Lothringischen Jura. — Geol. Rdsch., **7**, Stuttgart 1916.
- KOLBE, H.: Aperçu stratigraphique des gisements de fer sédimentaires en Allemagne et en Lorraine. — 19. Congr. int. géol., sect. 10, fasc. **10**, Alger 1953.
- LEMOALLE, J. & DUPOND, B.: Iron-bearing oolites and the present conditions of iron-sedimentation in Lake Chad (Afrika). — in: AMSTUTZ & BERNARD: Ores in sediments. — 8. int. sedim. congr., Heidelberg, 1971, Springer, Heidelberg 1973.
- LUCIUS, M.: Die Luxemburger Minetteformation und die jüngeren Eisenbildungen unseres Landes. — Beiträge zur Geologie von Luxemburg, **4**, Serv. de la Carte Géol. de Luxembourg, Luxembourg 1946.

- MATHIEU, P. L.: Contribution à la connaissance de la pétrographie de la formation ferrugineuse aalénienne au Grand-Duché de Luxembourg. — Travail de fin d'études, Bruxelles 1949-1950.
- MAUBEUGE, P. L.: Bilan de nos connaissances sur le bassin ferrugineux de Lorraine. — 19. congr. int. géol., sect. 10, fasc. 10, Alger 1953.
- MÜLLER G.: Sedimentpetrologie I: Methoden der Sedimentuntersuchung. — Schweitzerbarth, Stuttgart 1964.
- PRATJE, O.: Rezente marine Eisenooide aus der Nordsee. — Zentbl. Miner. Geol. Paläont., Stuttgart 1930.
- REINECK, H. E. & WUNDERLICH, F. : Classification and origin of flaser- and lenticular bedding. — Sedimentology, 11, Amsterdam 1968.
- TERRY, R. D. & CHILINGAR, G. U.: Summary of concerning some additional aids in studying sedimentary formations. — J. Sedim. Petrol., 25, Menasha 1955.
- TWENHOFEL, W. H.: Principals of sedimentation. — Mc. Grawhill, New-York 1950.
- WEIGELT, J.: Angewandte Paläontologie und Geologie der Flachseeesteine und das Erzlager von Salzgitter. — Fortschr. Geol. Paläont., 4, Berlin 1924.
- WERVEKE, L. van: Die Lothringisch-Luxemburgischen Minetteablagerungen. — Sber. naturh. Ver. preuß. Rheinl. Westf., Bonn 1910.



**Tafel 1:**

- Abb. 1: Profil 29, Unterkalkzyklus, Lagerfazies.  
Großräumige Schrägschichtung (Maßstab = 1 m).
- Abb. 2: Profil 29, Zyklus des Roten Lagers, Lagerfazies.  
Kleinräumige Schrägschichtung, längliche Karbonatknollen.
- Abb. 3: Profil 4, Unterkalkzyklus, Lagerfazies.  
Scheinbare Parallelschichtung, vorgetäuscht durch den Anschnitt eines Großrippelkörpers senkrecht zur Schüttungsrichtung.
- Abb. 4: Profil 4, Zyklus des Roten Lagers.  
Durch horizontal verlaufende Tonlagen blättrig-schiefrig ausgebildete Lagerfazies.
- Abb. 5: Profil 20, Unterkalkzyklus.  
Übergang von kleinräumig schrägschichteter Lagerfazies zu massiger Schillbank («Bengelick»).
- Abb. 6: Profil 27, Oberkalkzyklus.  
Unregelmäßig verzweigte Grabgänge auf der Schichtfläche des sandig-mergeligen Zwischenmittels.



**Tafel 2:**

Abb. 1: Profil 17, Probe 10, (X 100).

Trümmer eines erodierten Ooids als Kern eines neugebildeten Limonitooids. Links, im Kern eines Ooids, Limonit mit feinklastischem Quarz.

Abb. 2: Profil 17, Probe 38, (X 96).

Limonitooid mit körnigem Limonitkern.

Abb. 3: Profil 17, Probe 10, (X 150).

Limonitooid mit eckigem, korrodiertem Quarzkern.

Abb. 4: Profil 21, Zyklus des Grauen Lagers, (X 110).

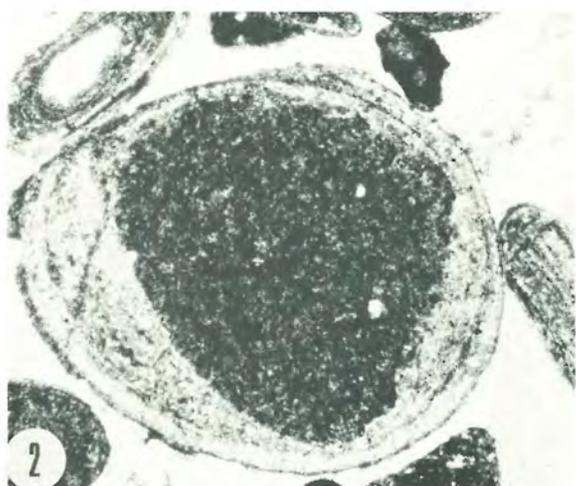
Limonitooid, mit aufgeblättertem, limonitischem Kern.

Abb. 5: Profil 17, Probe 10, (X 168).

Limonitooid im Kern korrodiertes Schalenbruchstück.

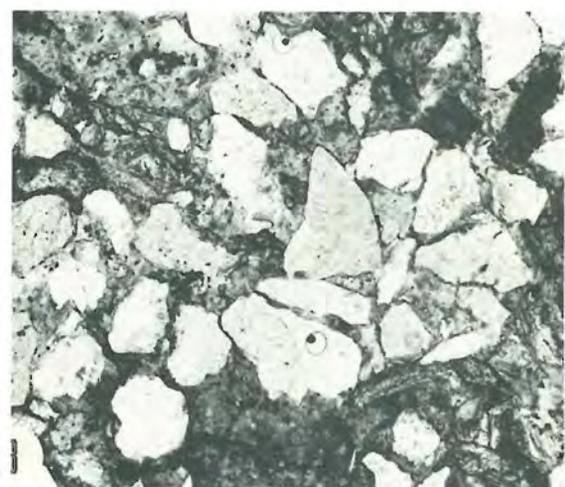
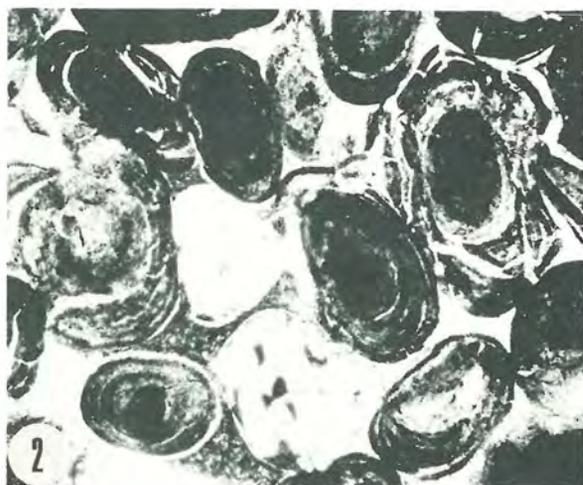
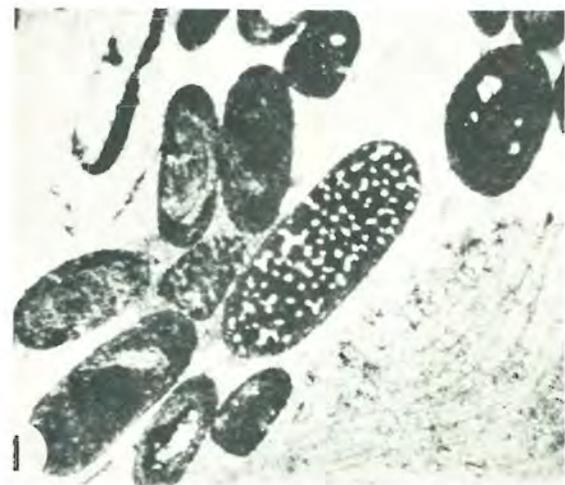
Abb. 6: Profil 17, Probe 1, (X 103).

Plastisch, unregelmäßig deformierte Chloritooide («Spastolithe»). Konzentrisch angeordnete Pyritstäubchen.



**Tafel 3:**

- Abb. 1: Profil 17, Probe 48, (X 77).  
Abgerollter, limonitisierter Echinodermenrest.
- Abb. 2: Profil 6, Zyklus des Grauen Lagers, (X 64).  
Blaßgrüne, chloritische Matrix umsäumt alle Komponenten und verheilt die Risse in den zerdrückten Limonitoiden.
- Abb. 3: Profil 21, Zyklus des Grauen Lagers, (X 72).  
Scharfkantiger, splittiger Quarz und tonig-chloritische Matrix in der Zwischenmittelfazies.
- Abb. 4: Profil 21, Zyklus des Grauen Lagers, (X 72).  
Teilweise limonitisierter Rest einer Brachiopodenschale.
- Abb. 5: Profil 17, Probe 29, (X 105).  
Schalenrest mit Limonitkruste und haarfeinen, limonitisierten Bohrkanälen.
- Abb. 6: Profil 21, Zyklus des Grauen Lagers, (X 155).  
Foraminiferenschale. Kammern mit Limonit ausgefüllt.

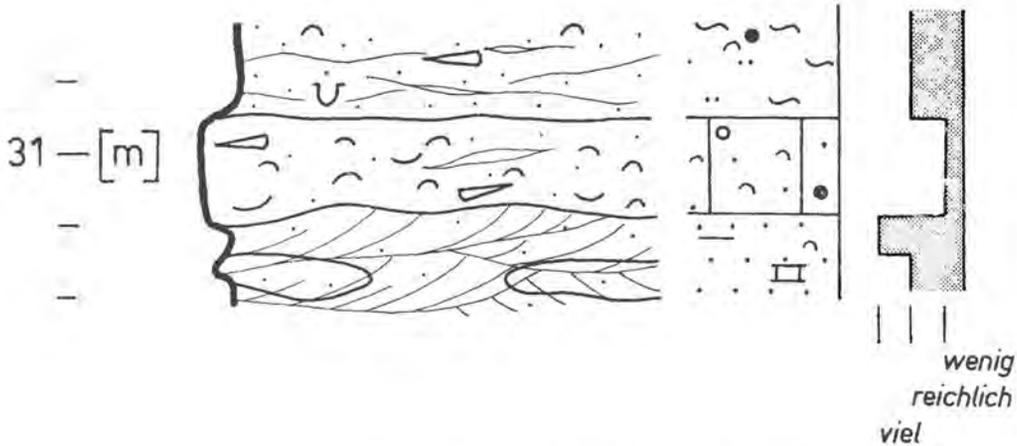


# Legende zu den Profilen (Anlagen 8-14)

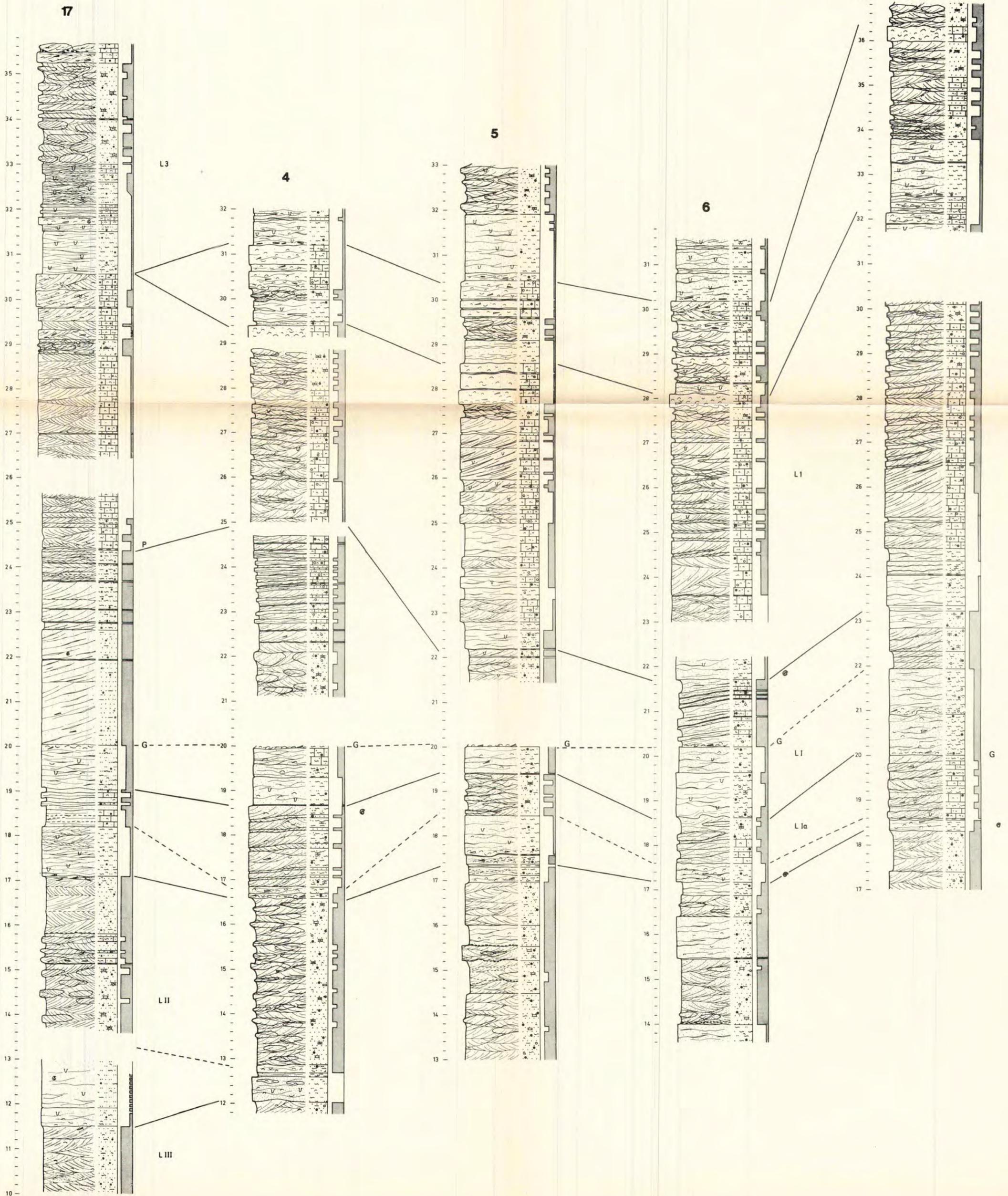
Gefüge

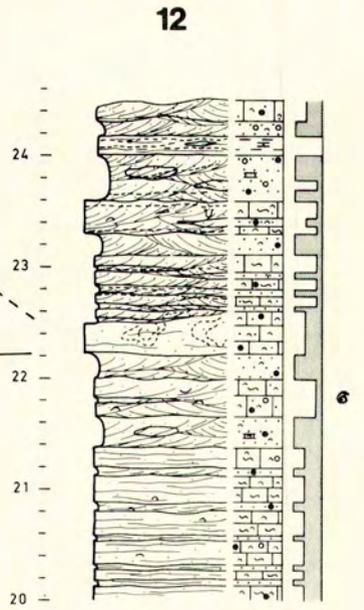
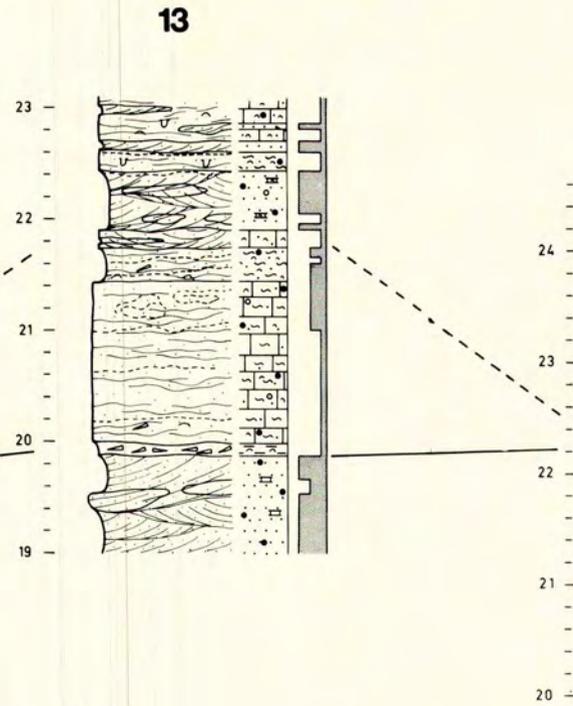
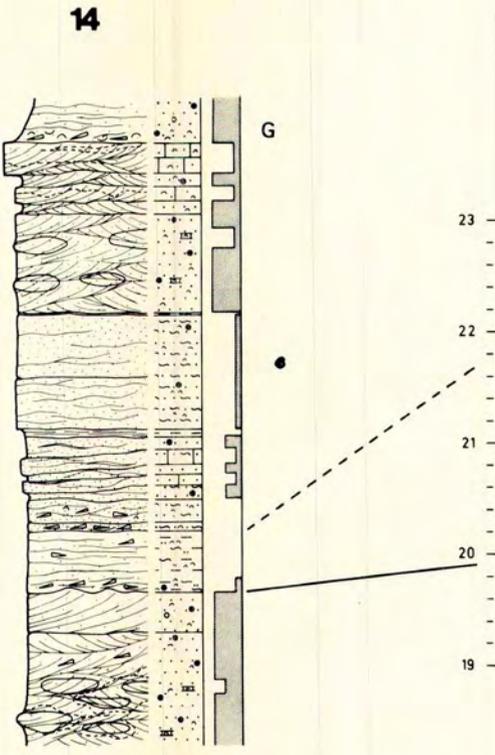
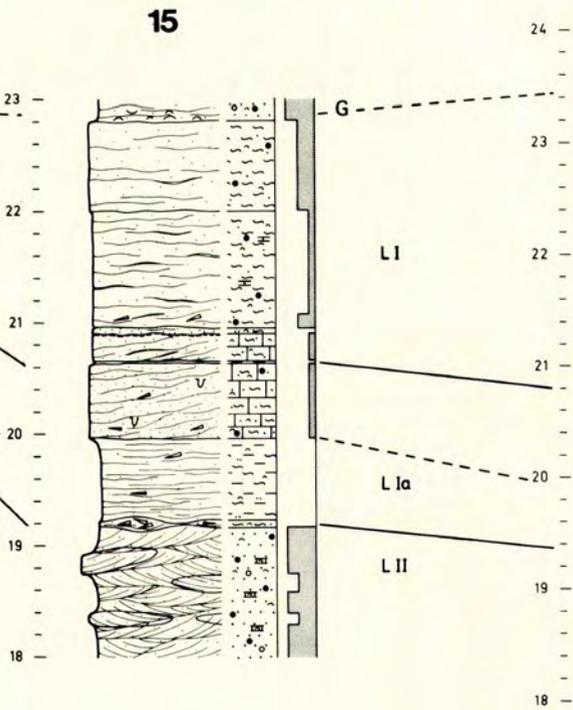
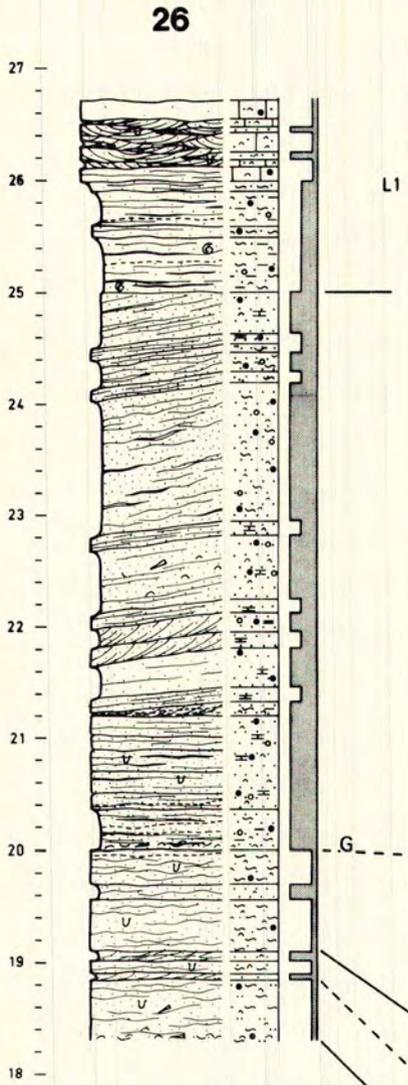
Petrographie

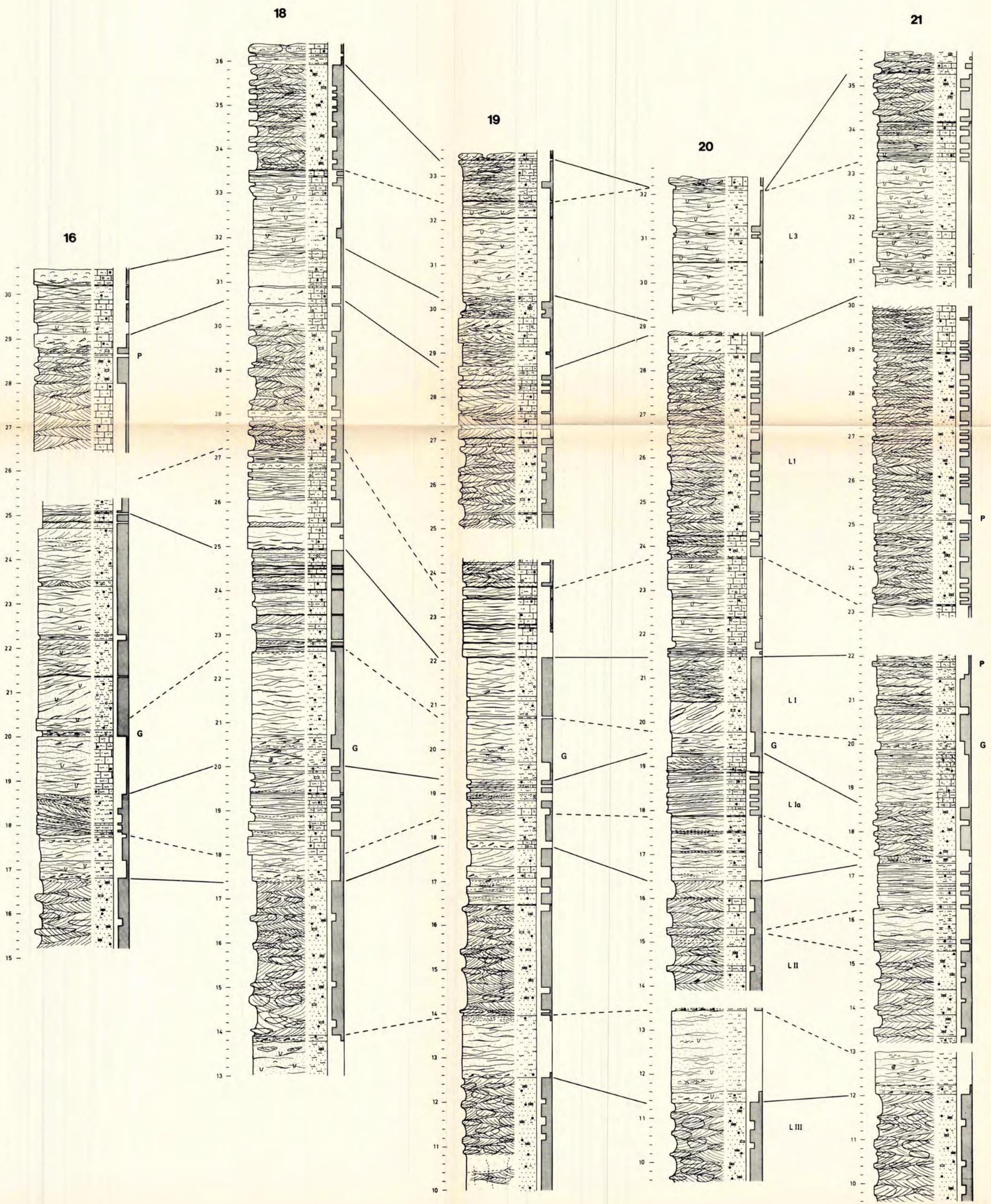
Ooidgehalt

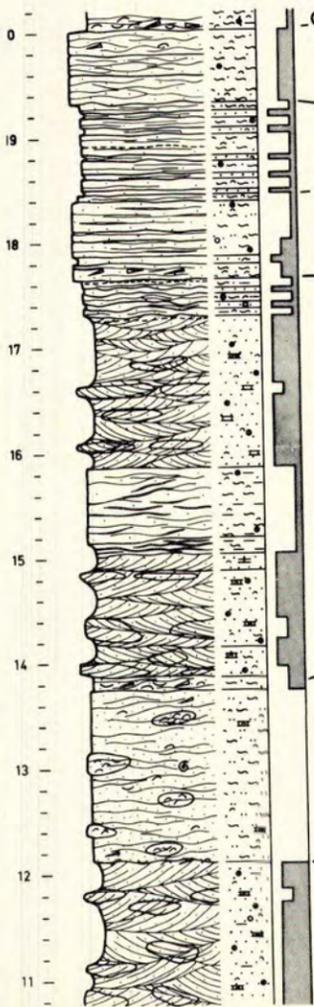
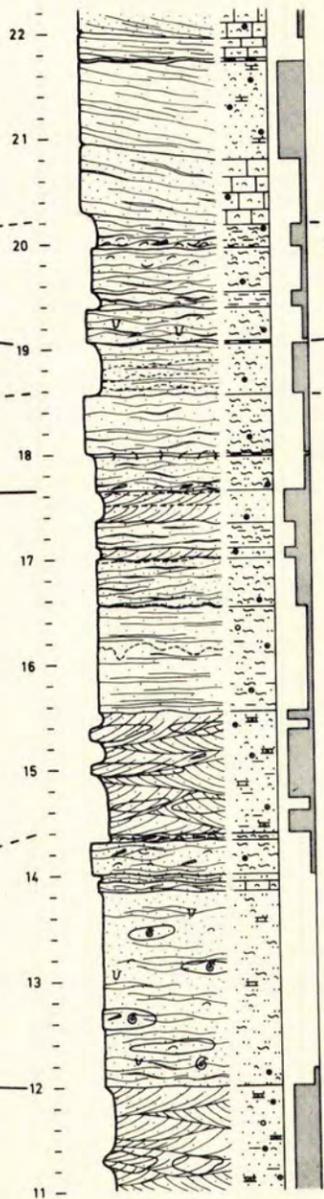
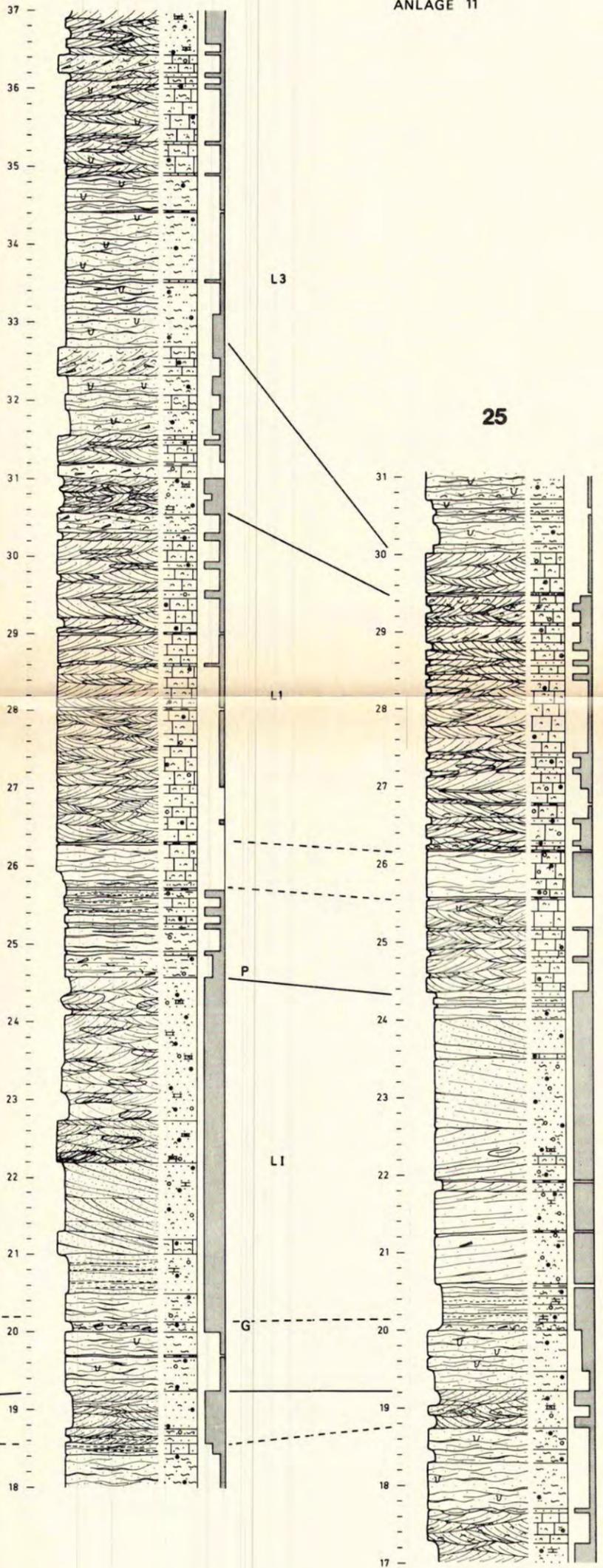


- |                    |  |          |                    |
|--------------------|--|----------|--------------------|
| Schrägschichtung   |  |          | Kalkbank           |
| Flaserschichtung   |  |          | Karbonatkonkretion |
| Parallelschichtung |  |          | Karbonatmatrix     |
| Konkretion         |  |          | Mergel             |
| Tonschmitzen       |  |          | } Sand mit Schill  |
| Limonitkrusten     |  |          |                    |
| Quarzsand          |  |          | Ton                |
| Schalenreste       |  |          | Ooid, Trümmer      |
| Belemnitenrostren  |  | <b>G</b> | Gryphaea           |
| Ammoniten          |  | <b>P</b> | Pinna              |
| Gerölle            |  |          |                    |
| Bioturbation       |  |          |                    |



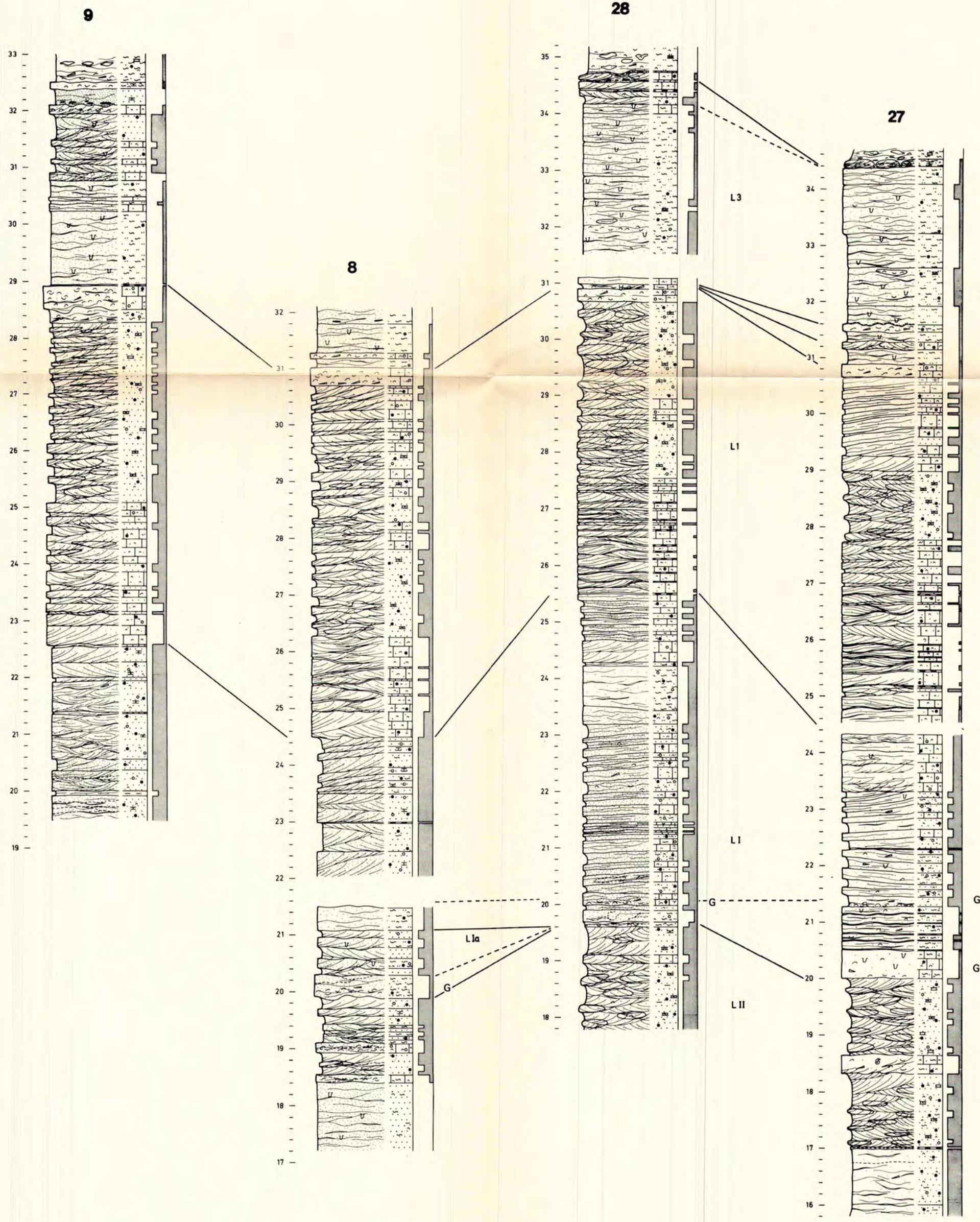


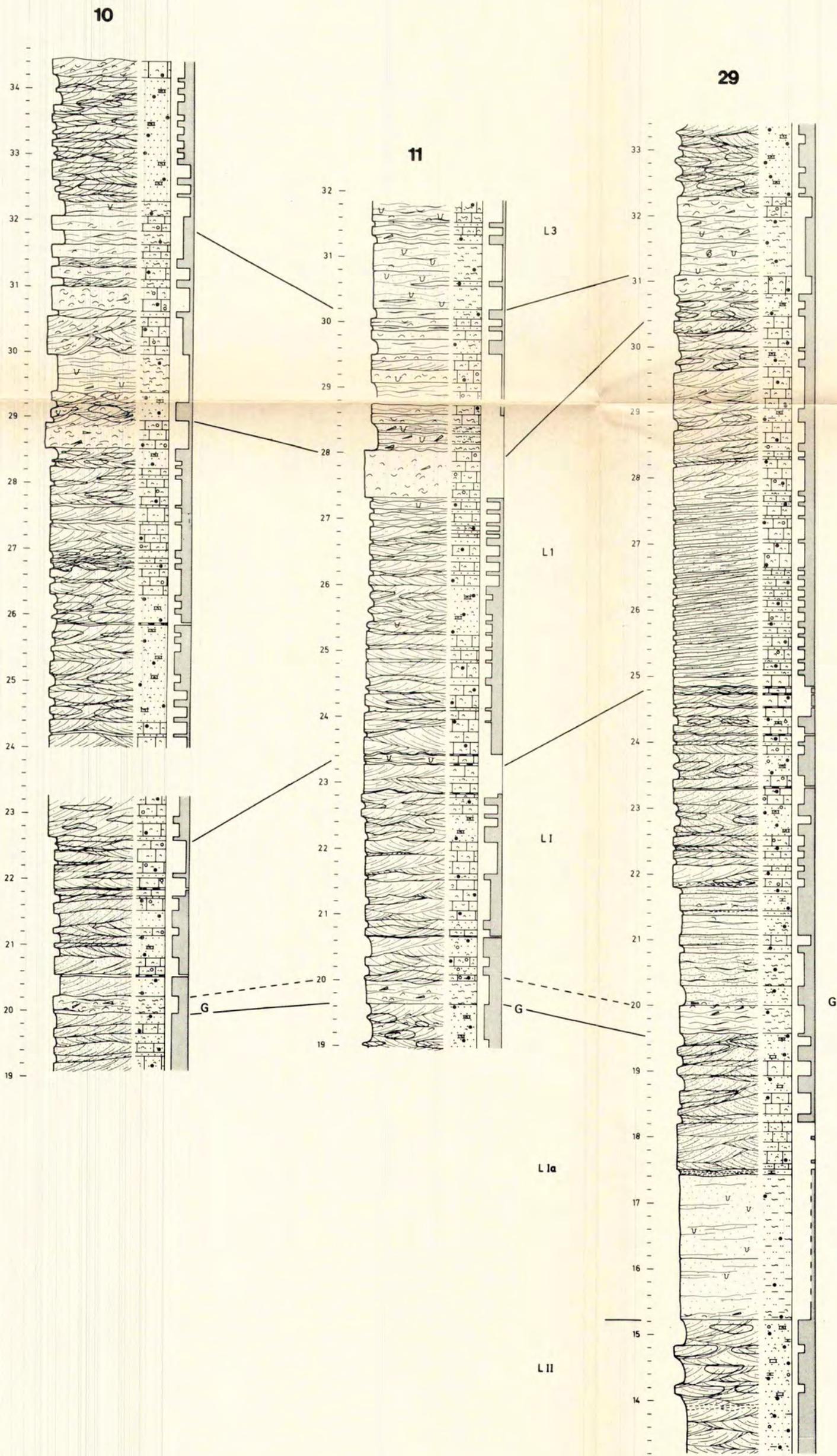




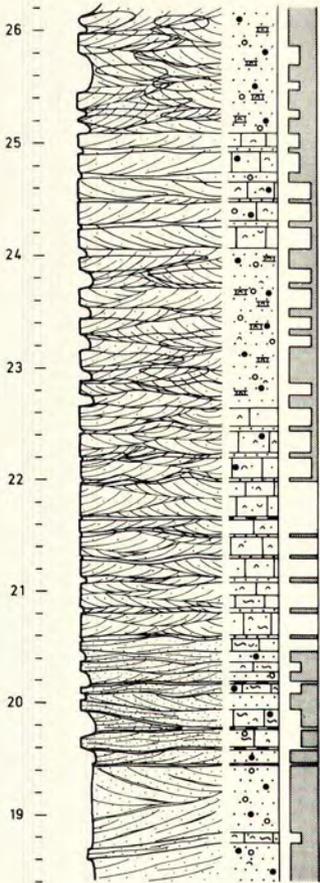
6

G

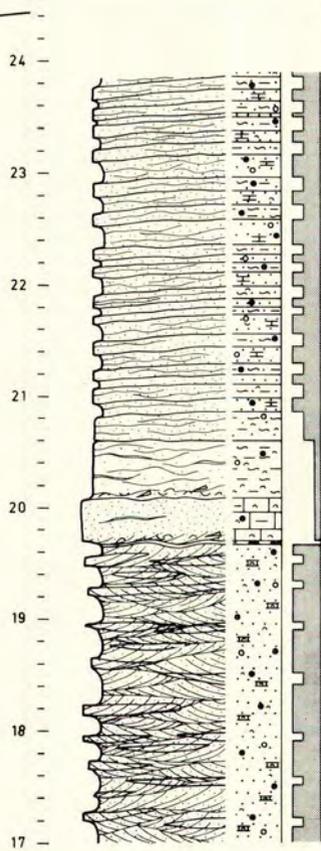
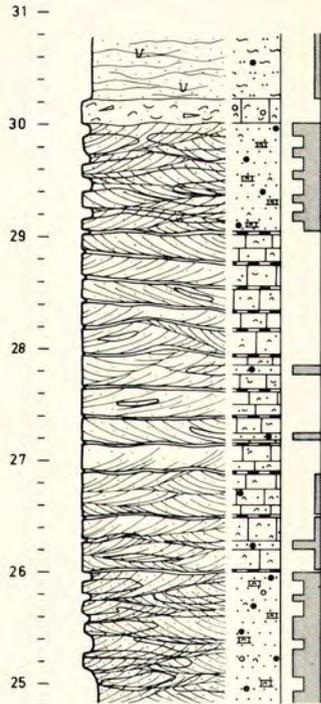




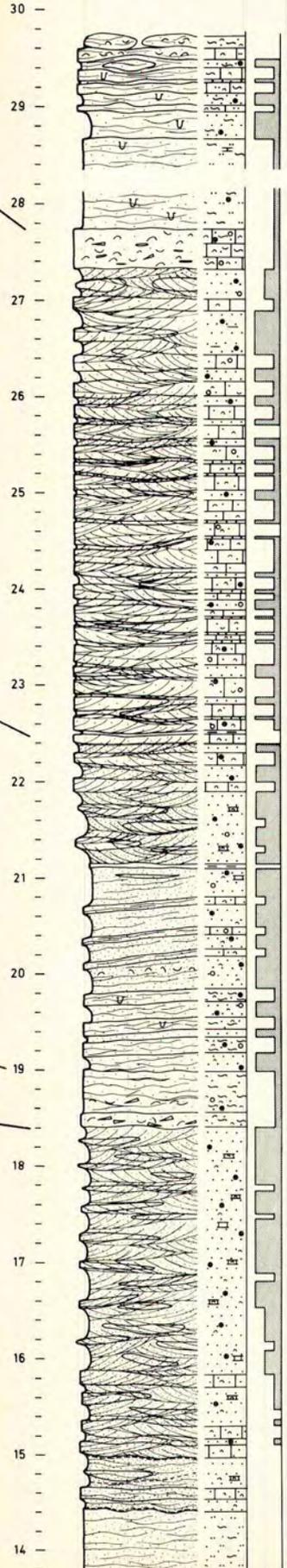
31



30



32



G