

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG  
MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS  
SERVICE GÉOLOGIQUE

---

PUBLICATIONS DU SERVICE GÉOLOGIQUE DU LUXEMBOURG  
VERÖFFENTLICHUNGEN DES LUXEMBURGER GEOLOGISCHEN DIENSTES

VOLUME XVII

## Contributions à la connaissance du Lias Inférieur au Grand-Duché de Luxembourg

**Première Partie:**

**1. „Die Mergel und Kalke von Strassen“**

Eine stratigraphische Studie zur Ausbildung des Sinémurien s. str. in Luxemburg

Von Adolphe Muller, Luxemburg

**2. Über die Sporenführung des Kernprofils  
der Bohrung Contern FG 11**

Von Werner Hiltmann, Aachen

**3. Umgelagerte Karbonsporen  
aus den RÄT-LIAS-Schichten SE-Luxemburgs**

Von Hans W. Hagemann, Aachen

OUVRAGE MIS AU POINT PAR AD. MULLER

LUXEMBOURG 1967  
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 XVII

# Contributions à la connaissance du Lias Inférieur au Grand-Duché de Luxembourg

**Première Partie:**

**1. „Die Mergel und Kalke von Strassen“**

Eine stratigraphische Studie zur Ausbildung des Sinémurien s. str. in Luxemburg

Von Adolphe Muller, Luxemburg

**2. Über die Sporenführung des Kernprofils  
der Bohrung Contern FG 11**

Von Werner Hiltmann, Aachen

**3. Umgelagerte Karbonsporen  
aus den RÄT-LIAS-Schichten SE-Luxemburgs**

Von Hans W. Hagemann, Aachen

OUVRAGE MIS AU POINT PAR AD. MULLER

LUXEMBOURG 1967  
SERVICE GÉOLOGIQUE DU LUXEMBOURG

Es la tierra alegrísima, imperturbable nadadora,  
la que yo encuentro en el niño y en las criaturas que pasan los arcos.  
F. GARCIA LORCA, Poeta en Nueva York.

Dem Andenken meines Vaters gewidmet.

# „Die Mergel und Kalke von Strassen”

EINE STRATIGRAPHISCHE STUDIE  
ZUR AUSBILDUNG DES SINEMURIEN S. STR.  
IN LUXEMBURG

---

mit 17 Abbildungen, 6 Tabellen, 6 Tafeln sowie 4 Tafelanlagen

VON  
ADOLPHE MULLER \*  
LUXEMBURG

”D 82 (DISS. T. H. AACHEN)” ungekürzte Fassung

---

\*) Anschrift des Verfassers: Dipl. Geologe A. MULLER, 51 AACHEN  
Geologisches Institut der T.H., Templergraben 55



## Druckfehlerberichtigung:

- S. 143, 9. Z.v.o.: Statt Hinblick: Hinblick  
S. 147, 10. Z.v.u.: " (1963): 1963  
S. 152, 19. Z.v.o.: " karbonische: karbonische  
S. 153, 15. Z.v.u.: " (1944, S.51): 1944, S.51  
S. 155, 12. Z.v.o.: " Vis: Visé  
S. 158, 11. Z.v.u.: " bis kreisrund: und kreisrund  
S. 159, 20. Z.v.o.: " 8 - 10: 8 - 10  $\mu$   
S. 164, 14. Z.v.u.: " Hamulatisporites semimuris: Lycopodiumsporites semimuris  
S. 164, 5. Z.v.u.: " angeordneter: ungeordneter  
S. 171, 17. Z.v.u.: " problemativus: problematicus  
S. 178, 17. Z.v.u.: " Podacarpaceae: Podocarpaceae  
S. 183, 11. Z.v.o.: " Häufigkeit: Häufigkeit: Häufigkeit: Häufig  
S. 183, 14. Z.v.u.: " Dehiszenzmarke: Dehiszenzmarke  
S. 184, 8. Z.v.o.: " ( $\varnothing$  4): ( $\varnothing$  4  $\mu$ )  
S. 187, 18. Z.v.u.: " an Probe 19: ab Probe 19  
S. 191, 3. Z.v.o.: zu ergänzen T.H. Aachen 1965  
S. 191, 12. Z.v.o.: " " hinter Abh. 72: 1955  
S. 191, 11. Z.v.u.: " " I, Palaeontographica B, 98, S. 1-136, statt I, Pal.: II, Pal.

S. 198: zu ergänzen 8 Tigrisporites sp. KTZ 14.9/129.0 S. 162

Ergänzung zu S. 184:

c.f. *Tasmanites* sp. C

T. 6, F. 17, 18

B e s c h r e i b u n g: Durchmesser 65  $\mu$ ; Wandstärke 4  $\mu$ . Oberfläche überzogen von einem Netzwerk mit Maschenweiten von 10-12  $\mu$ ; Muri sehr schmal (Breite höchstens 1  $\mu$ ).

H ä u f i g k e i t: 1 Exemplar.

S. 215, 21. Z.v.u. und S. 216, 18. Z.v.o.: statt POTONIE & KEMP: POTONIE & KREMP



## Zusammenfassung

Die Untersuchungen der 62 m tiefen, gekernten Bohrung Contern FG 11, sowie ergänzende Beobachtungen der Schichtenausbildung in der Bohrung Itzig, ermöglichen eine feinstratigraphische Gliederung des Sinémurien sensu lato im Luxemburger Raum:

In der Mergel-Kalk-Ausbildung des Sinémurien I ist die Zahl der aktiven und passiven Gesteinsphasen gleich stark. Im Lotharingien II gewinnen die passiven Tonphasen an Wichtigkeit, um im Lotharingien III und, in gesteigertem Maße, im Lotharingien IV zu überwiegen. Eine reiche Ammonitenfauna stellt das Lotharingien II und III in die *planicosta*-Subzone. Diese schließt mit einer markanten Kalksandsteinbank ab. Das Lotharingien IV entspricht wahrscheinlich der *oxynotum*-Zone. Die *raricostatum*-Zone, zu welcher die eisenoolithischen Kalke der Bohrung Itzig gehören, wurde in der Bohrung FG 11 nicht mehr erfaßt.

Geochemische, sedimentologische und mikropaläontologische Daten begrenzen Sequenzen, Gruppen und Serien. Die Kennwerte schwanken im Sinémurien I rhythmisch, im Lotharingien II zyklisch; im Lotharingien II, und gesteigert im Lotharingien IV, verwischen sich regelmäßige Veränderungen. Die unterschiedliche Ausbildung wird auf die zunehmende Entfernung der ardennischen Küste zurückgeführt. Auf den Einfluß der Depression von Thionville, als Verbindungsweg nach SW-Deutschland, wird hingewiesen.

Im Normalprofil des Sinémurien I (sensu stricto) sind zwei Gruppen zu unterscheiden, die mikropaläontologisch der *bucklandi*- und der *semicostatum*-Zone zuzuordnen sind. Die *semicostatum*-Zone ist in drei Profilen mit Ammoniten belegt. Im SE lassen sich in der durchgehenden schwäbisch-lothringischen Fazies des Unteren Lias die beiden Gruppen abgrenzen. Im mittleren Teil Luxemburgs ist über dem Luxemburger Sandstein das Sinémurien s.str. in mergelig-kalkiger Fazies entwickelt. Im NW beschränkt sich diese Fazies auf die *semicostatum*-Zone. Die einzelnen Schichtglieder des Sinémurien s.str. stoßen von SE nach NW gegen die nicht-synchrone Dachfläche des Luxemburger Sandsteins ab.

## Résumé

L'examen des carottes du forage de Contern FG 11 a permis de revoir la stratigraphie du Sinémurien s. l. au Grand-Duché. On distingue quatre séries lithologiques. La première série où les phases calcaires et argileuses sont également importantes correspond au Sinémurien s. str. Dans le Lotharingien II, les phases passives argileuses gagnent en ampleur et prédominent de plus en plus dans le Lotharingien III et IV. Une riche faune à *Pr. planicosta* place le Lotharingien II et III dans la zone à *Ast. obtusum*. Cette zone se termine par une phase active gréseuse prononcée. On admet que le Lotharingien IV correspond à la zone à *O. oxynotum*. La zone à *E. raricostatum*, reconnue dans le forage d'Itzig, est restée en dehors du forage de Contern.

Les analyses géochimique, sédimentologique et micropaléontologique individualisent les différentes séries. Leur mécanisme de sédimentation spécifique est ramené à l'éloignement progressif du bassin de sédimentation de la côte ardennaise.

Dans la coupe-type du Sinémurien I on distingue deux groupes lithologiques, qui se retrouvent dans de nombreuses coupes. Le groupe supérieur renferme fréquemment des Ammonites de la zone à *A. semicostatum*. On discute des critères qui font valoir que la surface taradée du Grès de Luxembourg n'est pas isochrone.



## Inhaltsverzeichnis

### EINLEITUNG

Seite

0.1.	Anlaß und Inhalt der Arbeit . . . . .	11
0.2.	Die Ausgangslage der Untersuchungen: Paläogeographie und Stratigraphie	

### TEIL I: Beobachtungsgrundlagen

1.	Die «Makrostratigraphie» der natürlichen Serien der Bohrung FG 11	
1.1.	Die lithologische Gliederung	
1.11.	Die verwendete Terminologie und ihre genetische Deutung . . . . .	16
1.11.1.	Die Begriffsbestimmung . . . . .	16
1.11.2.	Die Lias-Serien, Ausdruck der Schwankungen des Meeresspiegels . . . . .	18
1.12.	Die Bohrung FG 11: Beschreibungsmerkmale und ihre Profildarstellung . . . . .	21
1.13.	Die Beschreibung der Serien . . . . .	23
1.2.	Die Ammonitenfauna	
1.21.	Die Ammonitenfauna der Bohrung FG 11 . . . . .	24
1.21.1.	Das Auftreten und der Erhaltungszustand . . . . .	24
1.21.2.	Die Diagnose . . . . .	25
1.22.	Die Bohrung Itzig und ihre Ammonitenfauna . . . . .	30
1.23.	Die Verknüpfung von Ammonitenfauna und Faziesausbildung . . . . .	31
1.3.	Die stratigraphische Einordnung der natürlichen Serien . . . . .	32

### TEIL II: Analyse

2.	Die feinstratigraphische Untersuchung	
2.1.	Die gerichtete Materialuntersuchung	
2.11.	Die Zielsetzung . . . . .	36
2.12.	Die Materialentnahme und der Untersuchungsgang . . . . .	37
2.2.	Die Kennwerte der Untersuchung, Verfahren und genetische Aussage	
2.21.	Die sedimentologischen Untersuchungen	
2.21.1.	Die Sedimentanalyse . . . . .	38
2.21.2.	Die Darstellung der granulometrischen Analyse . . . . .	40
2.21.3.	Die PASSEGA-Diagramme . . . . .	41
2.22.	Die geochemischen Untersuchungen	
2.22.1.	Die komplexometrische Titration von Ca und Mg. . . . .	43
2.22.2.	Die gewichtsanalytische Bestimmung von $P_2O_5$ . . . . .	44
2.22.3.	Die Extraktion der Bitumina . . . . .	45
2.23.	Die mikropaläontologischen Untersuchungen . . . . .	46
2.23.1.	Aufbereitung und Auslese . . . . .	46
2.23.2.	Auswertung und Darstellung . . . . .	46
2.23.3.	Die Deutung der Ergebnisse . . . . .	47
2.23.4.	Die Faziesanalyse bei der mikropaläontologischen Auslese . . . . .	48
2.24.	Die petrologischen Untersuchungen	
2.24.1.	Beschreibung der einzelnen Komponenten der Areno-Kryptit-Reihe . . . . .	49
2.24.2.	Einteilung der Kalksteine und Terminologie . . . . .	50
2.24.3.	Die Beziehungen der Klassen zum Ablagerungsmilieu . . . . .	52
2.24.4.	Methodisches . . . . .	53
2.25.	Das Vertrauensintervall der Meßergebnisse . . . . .	53
2.3.	Die Ausbildung des Sinémurien s.str. in der Bohrung FG 11	
2.31.	Die geochemischen Daten	
2.31.1.	Die Verteilung von Ca und Mg . . . . .	55
2.31.2.	Die $P_2O_5$ - Verteilung. . . . .	56

2.31.3.	Die Verteilung der Bitumina . . . . .	57
<b>2.32.</b>	<b>Die sedimentologischen Daten . . . . .</b>	<b>58</b>
<b>2.33.</b>	<b>Das detritische Material in der Serie I. . . . .</b>	<b>61</b>
<b>2.34.</b>	<b>Das Dünnschliffbild der Kalke des Sinémurien I . . . . .</b>	<b>62</b>
<b>2.35.</b>	<b>Die Mikrofauna und ihre Verteilung</b>	
2.35.1.	Fossil-Liste . . . . .	63
2.35.2.	Die fazielle Verteilung der Mikrofauna . . . . .	66
2.35.3.	Die stratigraphische Auswertung der Mikrofaunenverteilung . . . . .	68
<b>2.36.</b>	<b>Zusammenfassende Betrachtung . . . . .</b>	<b>69</b>
<b>2.4.</b>	<b>Das Lotharingien in der Bohrung FG 11</b>	
<b>2.41.</b>	<b>Die lithologische Ausbildung des Lotharingien</b>	
2.41.1.	Die Serie II: die lotharingischen Übergangsschichten . . . . .	70
2.41.2.	Die Serie III: die Unteren Mergel des Lotharingien . . . . .	71
2.41.3.	Die Serie IV: die Oberen Mergel des Lotharingien . . . . .	73
<b>2.42.</b>	<b>Die Mikrofauna des Lotharingien</b>	
2.42.1.	Die stratigraphische Verteilung der Mikrofauna. . . . .	74
2.42.2.	Die fazielle Verteilung der Mikrofauna. . . . .	75
<b>2.5.</b>	<b>Zum Sedimentationsschema des Sinémurien s.l.</b>	

**TEIL III: Auswertung**

<b>3.</b>	<b>Beiträge zur Stratigraphie des Sinémurien s.str. in Luxemburg</b>	
3.11.	Die Entwicklung der Begriffe «Sinémurien» d'ORB, 1850 und «Mergel und Kalke von Strassen» DUM, 1852 . . . . .	80
3.12.	Über den Sandsteinkörper im Unteren Lias von Luxemburg . . . . .	84
<b>3.2.</b>	<b>Die Mergel und Kalke von Strassen im Gebiet der «Normalen Faziesentwicklung» . . . . .</b>	<b>86</b>
3.21.	Das Gebiet der Bohrung FG 11 . . . . .	86
3.22.	Das westliche Stadtgebiet von Luxemburg . . . . .	88
<b>3.3.</b>	<b>Die Mergel und Kalke von Strassen im westlichen Luxemburg . . . . .</b>	<b>91</b>
<b>3.4.</b>	<b>Das Sinémurien s.str. im SE von Luxemburg . . . . .</b>	<b>93</b>
<b>3.5.</b>	<b>Ausblick . . . . .</b>	<b>96</b>
	Literaturverzeichnis. . . . .	103
	Aufschlußverzeichnis . . . . .	108

- Abb. 1 : Das Mesozoikum in Luxemburg  
 Abb. 2 : Die Faziesräume im Unteren Lias  
 Abb. 3a : Beispiel der Profildarstellung im Maßstab 1:25  
 Abb. 3b : Zeichenerklärung zu Abb. 3a sowie zu den Tafelanlagen 1, 2, 3 und 4  
 Abb. 4 : Lage der gemessenen Parameter  
 Abb. 5 : Der Untere Lias im Untersuchungsgebiet und seine Korrelation nach Lothringen  
 Abb. 6 : Die sedimentologische Zusammensetzung der klastischen Rückstände in der Bohrung FG 11  
 Abb. 7a : C=M-Diagramm einer traktiven Strömung  
 Abb. 7b : C=M-Diagramm des Unteren Lias in Luxemburg  
 Abb. 7c : C=M-Diagramm des Sinémurien s.str. in der Bohrung FG 11  
 Abb. 7d : C=M-Diagramm des Lotharingien in der Bohrung FG 11  
 Abb. 7e : C=M-Diagramm für NW-Luxemburg  
 Abb. 7f : C=M-Diagramm für SE-Luxemburg  
 Abb. 8 : Die Beziehungen zwischen dem titrierten Karbonatgehalt und dem HCl-löslichen Sedimentanteil  
 Abb. 9a : Die Zusammensetzung der Kalke (nach PIRLET 1965 mod.) sowie Beispiele aus dem Unteren Lias von Luxemburg  
 Abb. 9b : Die Zusammensetzung der Kalke in der Bohrung FG 11  
 Abb. 10 : Schema einer rhythmischen Gruppe im Unteren Lias nach BITTERLI  
 Abb. 11 : Darstellung der Verhältniszahlen *Foraminifera/Ostracoda*

- Abb. 12 : Die Entwicklung des Sedimentationsraumes im Bereiche der Bohrung FG 11  
Gleichzeitig: hypothetische Faziesverteilung des Lotharingien IV
- Abb. 13 : Der Sandsteinkörper im Unteren Lias von Luxemburg
- Abb. 14 : Profil Kinderklinik
- Abb. 15 : Die Mergel und Kalke von Strassen in Luxemburg
- Abb. 16a : Die allochemischen Bestandteile der Kalke im mittleren und  
nordwestlichen Teil Luxemburgs
- Abb. 16b : Die allochemischen Bestandteile der Kalke im süd-östlichen Teil Luxemburgs
- Abb. 17 : Paläogeographische Prinzipskizze des Unteren Lias im Golf von Luxemburg
- Tabelle 1 : Gliederung des Unteren und Mittleren Lias in Luxemburg
- Tabelle 2 : Einteilung der Kalkgesteine nach PIRLET (1965), modifiziert
- Tabelle 3 : Breite des Vertrauensintervalls (in%) bei einer Sicherheit von 95% für verschiedene Werte  
von p und n, nach J. KOCH erweitert.
- Tabelle 4a : **SE Luxemburg** — Profil Schengen
- Tabelle 4b : — Profil Wintringen  
— Profil Remerschen
- Tabelle 4c : — Profil Elvingen  
— Profil Wouer  
— Profil «Remich-Mondorf»
- Tabelle 4d : — Profil Weltringen  
— Profil «Bous-Dalheim»
- Tabelle 5a : **Mittel-Luxemburg** — Profil Syren
- Tabelle 5b : — Profil Sandweiler
- Tabelle 5c : — Profil Bohrung FG 11
- Tabelle 5d : — Profil Bohrung Itzig
- Tabelle 5e : — Itzig: Dünnschliffbefund
- Tabelle 5f : — Profil Mercier
- Tabelle 5g : — Profil Athenäum
- Tabelle 6 : **NW Luxemburg** — Profil Koerich
- Tafel 1 : Die Ammoniten der Bohrung FG 11: graphische Darstellung der Meßwerte
- Tafel 2 : Die Ammoniten der Bohrung FG 11
- Tafel 3 : Ammoniten aus dem unteren Lias
- Tafel 4 : Beispiele der Mikrofauna der Bohrung FG 11
- Tafel 5a : Bohrung FG 11: Histogramme der Kornklassenverteilung im Sinémurien s.str.
- Tafel 5b : Bohrung FG 11: Histogramme der Kornklassenverteilung im Lotharingien
- Tafel 6a : Die stratigraphische Verteilung der Mikrofauna im Sinémurien s.str.
- Tafel 6b : Die stratigraphische Verteilung der Mikrofauna im Lotharingien II
- Tafel 6c : Die stratigraphische Verteilung der Mikrofauna im Lotharingien III
- Tafel 6d : Die stratigraphische Verteilung der Mikrofauna im Lotharingien IV
- Tafelanlage 1: Das Sinémurien I
- Tafelanlage 2: Das Lotharingien II
- Tafelanlage 3: Das Lotharingien III
- Tafelanlage 4: Das Lotharingien IV



## EINLEITUNG

### 0,1 Anlaß und Inhalt der Arbeit.

Die Neubearbeitung des Sinémurien s. str. wurde angeregt durch eine Bohrung — Contern FG 11 —, die notwendig war im Rahmen von Baugrunduntersuchungen zur Errichtung eines größeren industriellen Komplexes ESE von Luxemburg. Die vollständig gekernete 62 m tiefe Bohrung liegt 7 km von Luxemburg-Stadt, zwischen Luxemburg und Remich. Die genaue Ortslage entnimmt man dem Blatt Luxemburg SO der topographischen Karte 1 : 10.000 bei den Kennwerten: r = 82.538, h = 73.395, Höhe über NN = 330 m. Dieser Punkt befindet sich 600 m SSW der Bahnstation Sandweiler-Contern.

An Hand des paläontologischen Inhaltes und der lithologischen Merkmale werden im ersten Teil dieser Arbeit die einzelnen Schichtenfolgen der Bohrung gekennzeichnet und chronostratigraphisch eingeordnet. Diese Datierung wird durch die Paralleluntersuchung der Bohrung Itzig gesichert. Die feinstratigraphische Untersuchung der abgegrenzten Gesteinsserien erfolgt in Teil II; hier werden die Wechselbeziehungen zwischen sedimentologischen, geochemischen und mikropaläontologischen Kennwerten sichtbar gemacht. Teil III bringt im wesentlichen die Beschreibung von Profilen im Sinémurien s. str. Zudem erfolgt hier ein erster Versuch, die räumliche Anordnung der gewonnenen stratigraphischen Merkmale beispielhaft in einem SE-NW Profil (Schengen-Luxemburg-Kœrich) zu zeigen.

### 0.2 Die Ausgangslage der Untersuchungen : Paläogeographie und Stratigraphie.

Seichte Meere bedeckten während der Triaszeit Luxemburg-Lothringen. Sie standen durch die Eifeler Nord-Südzone mit dem nordwestdeutschen Sedimentationsraum in Verbindung. Die Rättransgression, die nach Westen auf das Gallische Festland übergriff, leitete die „*tektonische Umkehr*“ im Sinne von TRICART (1949) ein. Die Vogesen, und auch der Hunsrück (ANTUN 1960), zeigten aufsteigende Tendenz. Im abtauchenden Gallischen Festland senkte sich das Pariser Becken ein. Die Uferlinien, die während der Triaszeit im Luxemburger Raume generell NS verliefen, richteten sich in der Liaszeit WE aus. Die „*Mittler-Eigenschaften*“ der Eifeler Nord-Südzone (MURAWSKI 1964) wurden ausgebaut. Die Eifel-Depression diente als Verbindungsstraße zwischen dem Nordwestdeutschen und dem Pariser Becken. Dort, wo ihr Südteil die östliche Umrandung des Pariser Beckens berührte, tiefte sich der Golf von Luxemburg ein. Er ist durch besonders mächtige und eigentümliche Sedimente gekennzeichnet. So erfolgte im oberen Hettangien die Schüttung des mächtigen Luxemburger Sandsteins, im oberen Toarcien die Anhäufung der Minetteerze.

Abbildung 1 zeigt die Verteilung der mesozoischen Schichten im Untersuchungsgebiet. Die Schichtgrenzen sind der Geologischen Übersichtskarte von Luxemburg (BINTZ & MULLER 1966) entnommen und beruhen auf der sorgfältigen Detailaufnahme von MICHEL LUCIUS, welche ihre Darstellung in 8 Einzelblättern erhielt, die zwischen 1947 und 1949 erschienen.

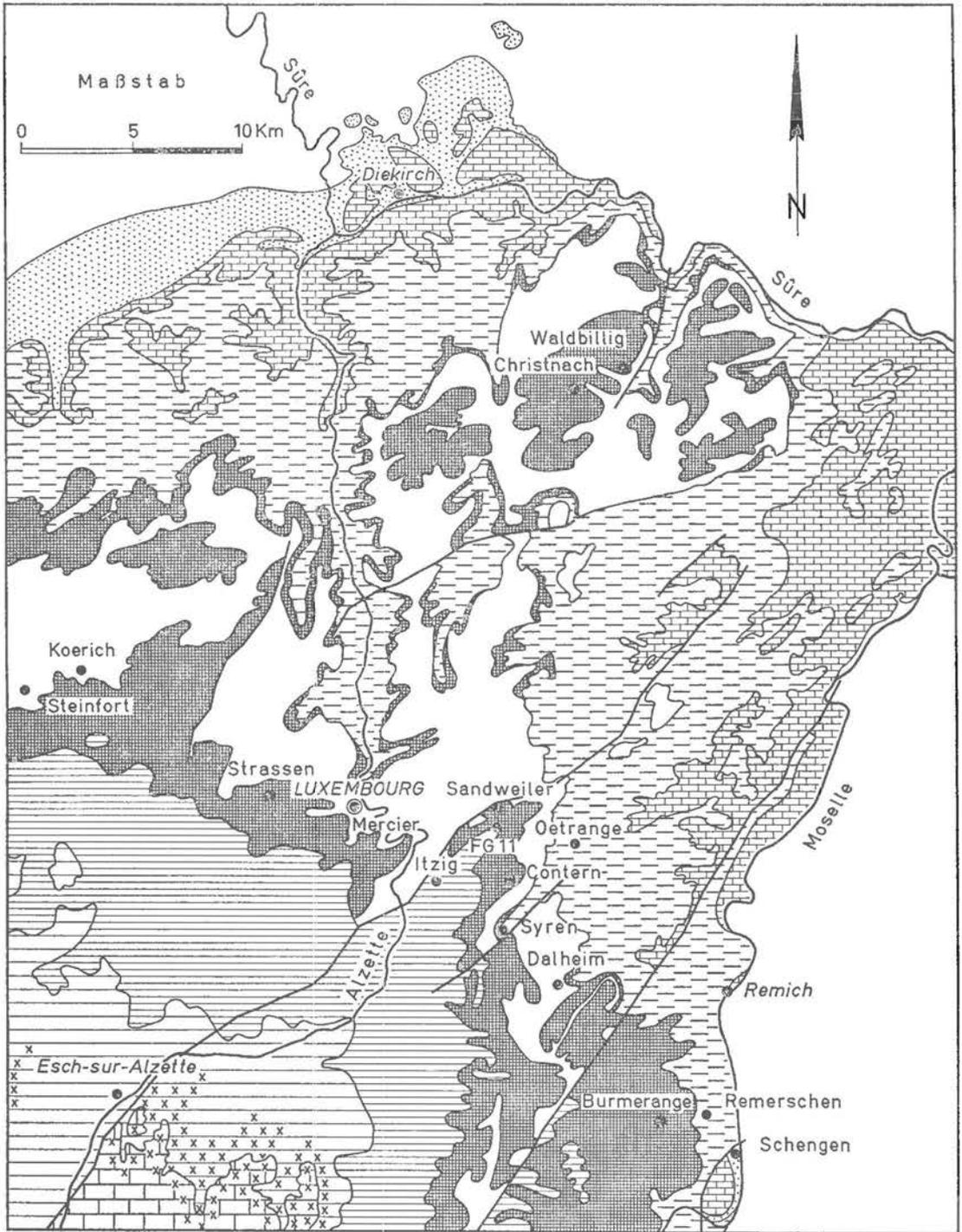


Abb. 1: Das Mesozoikum in Luxemburg

gez. S. van Biesbrock

LEGENDE

Dogger

Eisenolithische Fazies  
„Minette“

Oberer Lias

Mittlerer Lias

Unterer Lias

sandige Fazies  
„Luxemburger Sandstein“

Obere Trias

Mittlere Trias

Untere Trias

Das südliche Luxemburg — mit den mesozoischen Ablagerungen des Gutlandes — ist in sieben Blättern im Maßstab 1 : 25.000 erschienen, das nördliche Luxemburg — mit den devonischen Schichten des Öslings — in einem Blatt im Maßstabe 1 : 50.000. Die erwähnte Übersichtskarte im Maßstabe 1 : 100.000 erforderte die Zusammenfassung von verschiedenen Schichtgliedern. Dem Maßstab und dem Zwecke entsprechend ist die Raffung in Abbildung 1 noch ausgeprägter. Hier sind dargestellt: — die Untere Trias oder der Buntsandstein, die Mittlere Trias mit den Gruppen des Muschelkalkes und der Lettenkohle, die Obere Trias, welche die Gruppe der Bunten Mergel und die Rätstufe umfaßt; — der Untere, der Mittlere und der Obere Lias; — sowie der Dogger.

Im Unter-Lias ist die Fazies des Luxemburger Sandsteins als weiße Fläche ausgespart. Im Ober-Lias, leicht in den Dogger übergreifend, ist die Minettefazies mit einer x-Signatur angegeben.

Auf der Karte erscheinen die Untersuchungsgebiete in senkrechter Schrift, geographische Angaben, die der Orientierung dienen, in geneigter Schrift.

Die Schichtenfolge bestimmt in groben Zügen den morphologischen Aufbau. Hauptmuschelkalk, Luxemburger Sandstein und Minetteformation bilden die Steilstufen. Die weiten sanften Verebnungen dazwischen dachen sich, dem Fallen der Schichten folgend, nach SW zum Beckeninnern ab. Die oberhalb der Cuesta des Luxemburger Sandsteines weithin erhaltenen Sedimente des Sinémurien s. str. bestimmen den Untersuchungsbereich.

Gemäß der Geologischen Spezialkarte von Luxemburg — Blatt Nr. 4 Grevenmacher — sollte die Bohrung FG 11 im davoei-Kalk — li 1 — ansetzen und bis in den Luxemburger Sandstein — li 2 — hinunterreichen. Der Luxemburger Sandstein wurde bei 59.30 m erbohrt; die Bohrung wurde bei 62 m eingestellt. Dagegen blieb der Ausbiß des davoei-Kalkes außerhalb der Bohrung.

Die Bohrung durchteufte Schichtenglieder, die auf Grund ihrer Lithologie oder ihrer geringen Mächtigkeit wenig verwitterungsbeständig sind. Diese Schichten sind deshalb im einzelnen schlecht bekannt und aus zusammenhängenden Profilen nur selten beschrieben. Die Kenntnis der stratigraphischen Verhältnisse ist bisher in manchen Punkten problematisch geblieben. Im Folgenden wird in Anlehnung an LUCIUS (1948) ein lithologisches und chronostratigraphisches Normalprofil aufgestellt, an dem die durchteuften Schichten verglichen werden können — siehe Tabelle 1 —.

Der Luxemburger Sandstein — li 2 —, die sandige Fazies im unteren Lias, welche hauptsächlich in der *Schlotheimia-angulata*-Zone auftritt, wird von den Arietenschichten, den Kalken und Mergeln von Strassen — li 3 —, überlagert. Im Gebiet der normalen Faziesausbildung, im mittleren Teil des Luxemburger Landes, umfaßt die Mergel- und Kalkfazies der Arietenschichten die OPPELSCHEN ZONEN des *Arietites bucklandi* und des *Belemnites brevis*. Es handelt sich um dunkelgraue bis schwarze Mergel und dunkelgraue tonige Kalke in Wechsellagerung, wobei die Mergelbänke bis 0,80 m, die Kalkbänke 0,20 bis 0,50 m erreichen. Auf die geschichtliche Entwicklung der Begriffe „Sinémurien“ D'ORBIGNY (1850) und „Mergel und Kalke von Straßen“ DUMONT (1852) wird in Teil III ausführlich eingegangen.

Stufen		Zonen		Symbol	Faziesbezeichnung	
O. Li	Toarcien	Dactyloceras tenuicostatum		lo		
Mittlere Lias	Pliensbachien	Domérian	Pleuroceras spinatum	lm3	numismalis - Mergel	
			Amaltheus margaritatus	lm2		
		Carixien	Productyloceras davoei	lm1		Ocker- Kalk
			Tragophyloceras ibex			
			Uptonia jamesoni			
		Untere Lias	Sinémurien s. lato	Lotharingien		Echioceras raricostatum
Oxynoticeras oxynotum						
Asteroceras obtusum						
Caenisites turneri						
s. stricto	Arnioceras semicostatum		li 3	Mergel und Kalke von Straßen		
	Arietites bucklandi		li 2			
Hettang	Schlotheimia angulata				Luxemburg. Sandstein	

Tabelle I  
Gliederung des Unteren und Mittleren Lias in Luxemburg

Das von HAUG (1908-11) in Lothringen abgegrenzte Lotharingien teilt W. KLUEPFEL (1918 pag. 10) in untere und obere Beta-Tone. Diese sind etwa 10-11 m oberhalb der Basis von einer 0,10 m messenden „Nagelkalkbank“ getrennt. Die unteren Beta-Tone sind, abgesehen von fossilführenden Horizonten in den untersten Teilen der Schichtenfolge, fossilarm. Die oberen Beta-Tone werden nach dem Auftreten von *Xiphoceras dudressieri* (d'ORB.) auch *dudressieri*-Schichten genannt. Bei VAN WERVEKE (1901 pag. 168) trennt die Nagelkalkbank Schichten mit *planicosta* im Liegenden von solchen mit *oxynotum* im Hangenden. *Dudressieri* ist zwischen *oxynotum* und *raricostatum* angeführt. Dies steht im Gegensatz zu HOFFMANN (1964 pag. 136), der annimmt, daß die Mergel mit *X. dudressieri* „wohl dem tieferen Teil der *obtusum*-Zone entsprechen“. Das Lotharingien schließt in Lothringen mit dem Ockerkalk, der in seinem unteren Teil eine *raricostatum*-Fauna zeigt.

Im Luxemburger Gebiet faßte VAN WERVEKE (1887 pag. 67 und Tab. p. 75) die einförmigen sandigen Tone über den *brevis*-Schichten unter der Bezeichnung „Fossilarme Tone“ als Äquivalent des ganzen Lias Beta auf und bezeichnete die unmittelbar darüber folgenden Kalkbänke als *davoei*-Kalk. Bei seinen Aufnahmen hatte er in dem Bahneinschnitt östlich der Station Sandweiler-Contern in diesen Kalken Material gesammelt, welches J. A. STUBER bearbeitete, und aus dem dieser (1893 pag 49) schloß, daß in Luxemburg sowohl die *dudressieri*- als auch die *raricostatum*-Schichten vorkommen. Die *davoei*-Kalke im Sinne von

STEINMANN (1887) und von VAN WERVEKE (1887) — ebenso der „Calcaire Ocreux“ = Ockerkalk von TERQUEM — schließen dementsprechend auch die *raricostatum*-Schichten ein.

Tatsächlich gelang es LUCIUS im Lotharingen über den eigentlichen „Fossilarmen Tonen“ die *dudressieri*- und *raricostatum*-Schichten abzutrennen und petrographisch an die Lothringer Ausbildung anzuschließen. LUCIUS erwähnt die Nagelkalkbank von Scheidhof, ohne ihr größeren stratigraphischen Wert beizumessen. Die Verhältnisse im Ockerkalk veranschaulichen ein kombiniertes Profil von ANTUN (in LUCIUS 1948 p. 163). Über den mit 6 m erschlossenen *dudressieri*-Schichten treten 2-3 m *raricostatum*-Schichten auf, als je zwei Folgen einer dünn- und einer dickbankigen Kalklage. Dieses Profil schließt mit 1,5 m *numismalis*-Mergel und 0,5 m Kalk ab. Diese Mergel und der Kalk führen Faunen des Carixien.

Die Fazies des Lotharingen wird gegen Westen sandiger und führt über die „Marnes Sableuses d'Hondelange“ zum „Grès de Virton“, der, entsprechend einer 1880 p. 156 von DEWALQUE veröffentlichten Fossilliste, die Zonenammoniten des Lotharingen führt.

Das Carixien — Im 1 — umfaßt in unserm Gebiet die *numismalis*-Mergel und den eigentlichen *davoei*-Kalk. Die *numismalis*-Mergel bestehen aus grauen Kalkmergeln, die nirgends auf über 2,5 m anschwellen. In Sandweiler wurde *Uptonia jamesoni* in ihnen nachgewiesen. Der *davoei*-Kalk bildet eine 0,3 m-0,5 m starke Bank eines festen, streifenweise oolithischen Kalksteines, *Prodactylioceras* wird überall in Bruchstücken angetroffen.

Das Domérien umfaßt die Schichten mit *Amaltheus margaritatus* — Im 2 — und jene mit *Pleuroceras spinatum* — Im 3 —. Bereits TERQUEM (1855) beschrieb in der Umgegend von Metz und in Nordlothringen über dem „calcaire ocreux“ die *margaritatus*-Schichten, eine Folge dunkler Blättermergel, die er von unten nach oben in „marnes feuilletées“, „marnes à ovoïdes ferrugineuses“ und „calcaire lumachelle“ zerlegte. Auch in Luxemburg läßt sich diese petrographische Dreiteilung durchführen: Blättrige Mergel, Mergel mit tonigen Eisenovoiden, Kalkknollen. Da die septarienähnlichen Kalkknollen keinen geschlossenen Horizont bilden, sind sie auf der geologischen Spezialkarte mit der liegenden Unterabteilung vereinigt, so daß nur die beiden Gruppen: Blättrige Mergel — Im 2a — und Mergel mit Eisenovoiden — Im 2b — ausgeschieden sind.

## TEIL I Beobachtungsgrundlagen

### 1. Die «Makrostratigraphie» der natürlichen Serien der Bohrung FG 11.

#### 1.1. Die lithologische Gliederung.

##### 1.1.1. Die verwendete Terminologie und ihre genetische Deutung.

###### 1.1.1. 1. Die Begriffsbestimmung.

Die Beschreibung einer sedimentären Gesteinsfolge verlangt allgemein verbindliche Begriffe, aus denen sich weitere Überlegungen folgerichtig entwickeln lassen. Diese Begriffe beziehen sich auf einen der gebräuchlichsten geologischen Sachverhalte, die *Schichtung*. Wie eine kritische Betrachtung von LOMBARD (1965) schildert, ist der Weg ihrer Erforschung in den verschiedensten Richtungen verfolgt worden. Trotzdem hat sich seit den grundlegenden Anschauungen von J. WALTHER (1893/94 pag. 629) — „*Schichtung entsteht durch einen unvermittelten Wechsel in den lithogenetischen Bedingungen*“ — keine Nomenklatur entwickelt, die man ohne Vorbehalte übernehmen könnte.

Die noch mangelnde Kenntnis des Mechanismus, welcher die Schichtbildung bedingt, hat bisher eine einheitliche Terminologie, um so mehr eine Klassifikation der Erscheinungen, erschwert. Es ist also notwendig, die Begriffe klarer zu fassen und abzugrenzen. Die primären Eigenschaften der Gesteine, als eine Folge der Bildungsumstände (J. WALTHER op. cit. pag. 636) müssen Kriterien der Nomenklatur sein, wobei Über- und Untergeordnetes streng zu trennen sind. „*The first problem is to distinguish very strictly a bedding as a structure of sedimentary rock masses from the bedding as an internal structure of a sediment. The first can be termed „stratification“ while the second „lamination“*“ (BOTVINKA 1960 pag. 198).

Die Nomenklatur von LOMBARD (1956, 1965) geht von ähnlichen Überlegungen aus. Sie stützt sich auf einfache primäre Merkmale der Ablagerung. Diese ergeben sich in der Regel aus dem Feldbefund und behaupten ihre Aussagekraft hinsichtlich der Genese auch bei eingehenderen Untersuchungen. Bedauerlicherweise knüpft LOMBARD (1965) an seine Ausführungen spezielle genetische Deutungen, die vorerst in ihrem Umfang fragwürdig bleiben, und auf die wir weiter unten zurückkommen möchten. Die systematischen Vorteile überwiegen diesen Nachteil, so daß der folgenden Arbeit eine Nomenklatur zugrunde liegt, die jener von LOMBARD sehr nahe steht. Anschließend werden die verwendeten Begriffe definiert und notfalls gegen jene von LOMBARD abgegrenzt.

Als Einheit der Sedimentation wird der Begriff „*Phase*“ übernommen. Die ursprüngliche Definition von APFEL liest man bei PETTIJOHN (1949 p. 122): „*APFEL has defined a phase as the product of deposition during a single fluctuation in the competency of the transporting agent*“. Allge-

meiner darf die Phase als die Sedimentmasse bezeichnet werden, welche unter den gleichen physikalischen und chemischen Bedingungen abgelagert oder erodiert wurde.

Der Begriff „stratification = Schichtung“ wird auf das Ergebnis von zwei unterschiedlichen Sedimentationsvorgängen beschränkt:

- auf die Phase, die sich vorwiegend aus Fällungsprodukten übersättigter Lösungen zusammensetzt, z.B. Kalke, Dolomite,
- auf die relativ grobkörnige Phase, die bei erhöhter Sedimentationsgeschwindigkeit zur Ablagerung kommt, z.B. Konglomerate, Sande.

Beide Gesteinstypen bedingen einen schnellen Zuwachs des Sedimentstapels und setzen stärker bewegtes Wasser voraus oder werden dadurch begünstigt. Faßt man sie als „aktive Phase“ der Sedimentation zusammen, so heben sie sich eindeutig von der „passiven Phase“ ab, die sich aus dem allmählichen Absetzen feinsten Korngrößen bei nachlassenden Strömungsverhältnissen ergibt. Die passive Phase wird auch als „joint = Zwischen-schicht“ bezeichnet.

Der Sedimentzufuhr ist die Sedimenterosion gegenüberzustellen. Die weggeführten Massen — „negative Phase“ — sind nur mittelbar zu erfassen. Die Schichtflächen, die „vorübergehend die äußere Oberfläche einer neugebildeten Ablagerung dargestellt haben“, um anschließend „Ablagerungsflächen“ zu werden (J. WALTHER op. cit. pag. 627), zeigen oft Hinweise auf Sedimentationsstillstand, Abwaschung oder Erosion.

Das Wandern der Fazies ist die Ursache der Verschiedenheit der in einem Profil übereinander liegenden Phasen. Je häufiger die Bildungsverhältnisse wechselten, umso rascher folgten die Phasen aufeinander. Gleichbleibende Schichtungsmerkmale bedeuten unveränderliche Bildungsumstände.

In der Terminologie von LOMBARD (1956 p. 266) ergeben zwei oder mehrere Gesteinsphasen, die ohne größere Unterbrechung aufeinander folgen, eine „Sequenz“. Eine häufige Sequenz zeigt von unten nach oben a) Ton, b) Mergel, c) Kalk. Die Sequenzen wiederholen sich zyklisch in der Reihenfolge a-b-c-b-a, oder öfter rhythmisch a-b-c-a-b-c. Diese Wiederholung bezeichnen wir als „Gruppe“. Andere Ablagerungen lassen makroskopisch keine Gliederung erkennen, sie sind monoton. Die „Serien“ zeigen diese Gliederung in übergeordnetem Maßstab.

In Anlehnung an das WALTHERsche Faziesgesetz behauptet G. S. VISHER (1965 p. 42): „Each fundamental sedimentary process produces both a specific environmental distribution and a specific vertical profile“. Ergeben sich die natürlichen Serien gesetzmäßig aus dem Sedimentationsverlauf, so ist es sinnvoll, sich hypothetische Modellabfolgen zu denken, die „virtuellen Serien“ LOMBARDS (1956), die als Vergleichsserien Vermutungen über Sedimentationsunterbrechungen, Erosion, u. a. ermöglichen.

Die neueren Anschauungen LOMBARDS (1965 p. 152): „Elle (die Sedimentation) n'est influencée ni par le climat, ni par la profondeur“ bedeuten eine unzulässige Verallgemeinerung einer an sich möglichen Aussage über bestimmte Vertikal-Profile.

Immerhin ist der Versuch LOMBARDS, die Genese der Schichtung ausschließlich auf sekundäre Umlagerung zurückzuführen, insofern beachtlich, als er anstrebt, die Faktoren, die das

Abreißen und den Transport der Sedimente kontrollieren, numerisch zu erfassen, um damit die Schichtung quantitativ auszudrücken.

Die Umlagerung der Sedimente spielt in unseren Lias-Serien wahrscheinlich auch ihre Rolle. Sie wird dem Gesamtumfang der Erscheinungen jedoch nicht gerecht.

Die wegweisende Nomenklatur LOMBARDS wird in dieser Arbeit übernommen, wir werden jedoch auf dieser Grundlage teilweise andere genetische Vorstellungen entwickeln, die Gegenstand des folgenden Kapitels sind.

### 1.11.2. Die Lias-Serien, Ausdruck der Schwankungen des Meeresspiegels.

Die auffallende Gesetzmäßigkeit, mit der die liassischen Ablagerungen aufeinanderfolgen, wurde erstmalig von KLUEPFEL (1917) aus dem luxemburgisch-lothringischen Raume beschrieben: „Die Abteilungen beginnen im allgemeinen mit an der Basis geröllführendem Ton, werden höher mergelig und verkalken gegen oben vollständig. Das Ganze schließt mit einer kompakten Dachbank, deren Oberfläche deutlich Spuren der Abwaschung zeigt, mit Austern, Serpeln, usw. bewachsen und von Bohrmuscheln durchlöchert ist“ (pag. 16.). „Der Wechsel der Fauna geht mit dem Wechsel der Cyklen Hand in Hand . . . Die Verbreitung der Zweischaler, Brachiopoden usw. ist entsprechend der Lebensweise dieser Tiere vom Medium der Facies abhängig“ (pag. 17). KLUEPFEL führt die Ausbildung der rhythmischen Sequenz zurück auf ruckartiges, schnelles Absinken des Seebodens und das anschließende allmähliche Verflachen des Sedimentationsraumes.

HALLAM (1964 Fig. 1) greift die KLUEPFELSchen Überlegungen auf und gibt hierzu eine Profildarstellung, die er im unteren Teil mit blättrigen Tonen und im oberen Teil mit Oolithen ergänzt. Dazu bildet er eine sandige Variante ab, die das Geschehen im landnahen Becken wiedergibt, und mit litoralen Sanden abschließt. Figur 2 (HALLAM) gibt einen Schnitt durch ein landfernes und ein landnahes Becken wieder. HALLAM wendet hier das „Gesetz von der Korrelation der Facies“ reziprok an und stellt die Gesteinsphasen, die im Profil zeitlich aufeinanderfolgen, räumlich nebeneinander dar.

Unser Blockbild in Abb. 2 lehnt sich an dieses Modell an. In einem landfernen Becken setzt sich vorwiegend Ton in dünnen Lagen ab. In der phototropen Zone herrscht reiches Planktonleben. Die absinkenden organischen Reste verbrauchen bei ihrer Verwesung in der Unterschicht den Sauerstoff. Somit fehlt hier die Voraussetzung zur Entwicklung von höheren Lebewesen. Das ursprüngliche Gefüge der Tonsedimente bleibt erhalten. Nur anaerobe Bakterien sind aktiv. Sie reduzieren das im Wasser gelöste Sulfat zu Schwefelwasserstoff. Da die Zulieferung größer ist als der Abbau, gelangt organische Substanz reichlich ins Sediment.

Oberhalb der Sauerstoffgrenze setzt allmählich das Bodenleben ein. Parallel dazu geht die Durchwühlung und Umlagerung des Sedimentes vor sich. Kalkbänke kündigen die Schwel-lenfazies an. In der Zone des Wellenganges treten biogene Kalke auf. Bei stärkerer Turbulenz entstehen Ca- und Fe-Ooide.

In dem landnahen Becken erlaubt, bei genügender Tiefenzirkulation, das Sauerstoffangebot überall die Ausbildung von reichen Bodenfaunen, die für Sedimentumlagerungen sorgen. Bei überreichem Angebot an organischer Substanz kann aber selbst im flacheren Wasser Sauerstoffmangel eintreten. Klimatische oder morphologische Faktoren vermögen

den Wasseraustausch weithin zu reduzieren, wie Teile der Posidonien-Schiefer im Toarcien es belegen. Landeinwärts treten Silte und im Gezeitenbereich Sande und Küstenschotter auf.

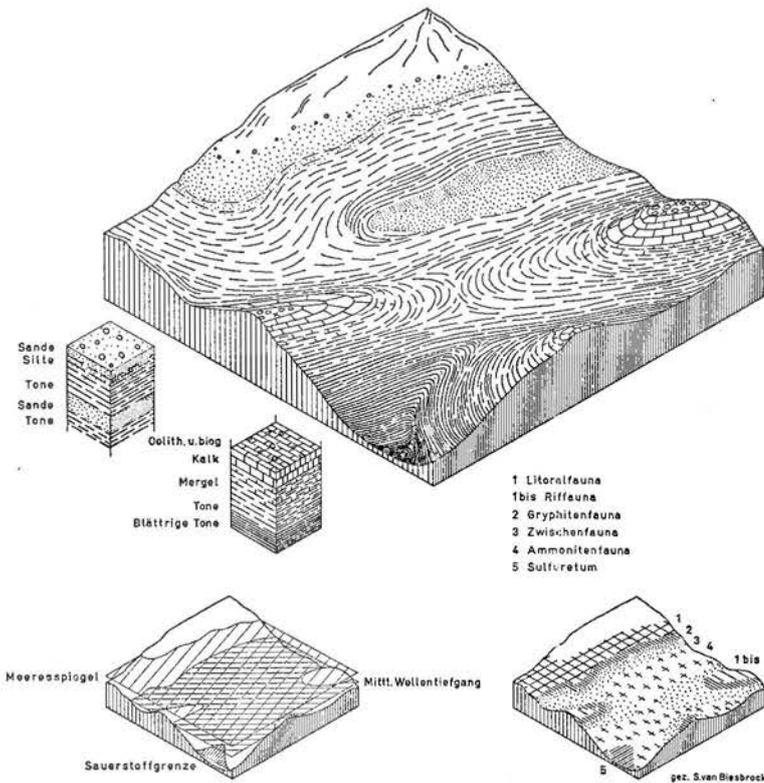


Abb. 2.: Die Faziesräume im Unteren Lias

Im unteren Teil der sandigen Sequenz von HALLAM fügen wir Sande ein, die in tieferen, rasch sinkenden Trögen landnaher Becken abgelagert werden. Sie sind land- und meerwärts von der normalen Ton-Kalk- oder Tonsedimentation abgegrenzt. An dem Typusbeispiel — Luxemburger Sandstein — haben BINTZ & MULLER (1966) das Faziesproblem ausführlicher behandelt. Hier waren küstenparallele Strömungen für die Sandschüttung verantwortlich. Zwischen der Sandsteinlinse und der ardennischen Küste wird die normale Tonsedimentation als „Marnes de Jamoigne“ bezeichnet. Die Sandsteinoberfläche bildete bei nachlassender Sedimentation ein ausgezeichnetes Substrat für sessiles Benthos. Bei stärkerer Strömung erfolgte Abwaschung und Aufbereitung. Diese Erscheinungen werden mit dem Begriff „surface tarrudée“ zusammengefaßt, in Teil III wird auf ihren stratigraphischen Wert zurückzukommen sein.

Das verkleinerte rechte Blockbild in Abb. 2 veranschaulicht die Lage der möglichen Biotope des Lias-Meeres. In die Reihe der KLUEPFELSchen Faunengemeinschaften fügen wir die Gryphitenfauna und das Sulfuretum ein.

Die Gryphäen treten in den Arietenschichten überall plötzlich und gleich massenhaft auf, sowohl in den Kalken, wie auch in den tonigen Zwischenschichten, in letzteren noch zahlreicher

und in einzelnen Lagen fast gesteinsbildend. Durch die großen Individuenzahlen, die man leicht zusammenbringen kann, eignet sich *Gryphaea* besonders gut zu biometrischen und ökologischen Untersuchungen. PFANNENSTIEL (1950) geht auf die Entwicklungsstadien der *Gryphaea arcuata* ein und betont, daß *Gryphaea* nur im „nepionischen Stadium“ angeheftet ist. Ist die Zeit des ersten Wachstums der endgültigen Schale beendet, fällt *Gryphaea* ab und liegt nun frei im Schlamm. Die frühe Entwicklungsgeschichte belegt SWINNERTON (1964) an Hand von zahlreichen Exemplaren. Hier sei nur auf seine Hinweise bezüglich des Lebensraumes eingegangen. Ausgewachsene Schalen zeigen ausschließlich in der oberen Hälfte Gryphitenbrutbewachs. Man darf also annehmen, daß der untere Teil der Schale im Schlamm vergraben lag. Die freibeweglichen Larven konnten somit nur auf der oberen freien Hälfte festhaften.

Auch PHILIP (1962 pag. 336) rechnet mit einem schlammigen Untergrund, auf dem der Auslesevorteil von stark eingerollten Individuen einleuchtend ist. Jeder Zuwachs verstärkt die Wölbung und bringt die Öffnung höher über das tonige Substrat hinaus. Durch Verlagerung des Eigengewichtes innerhalb der stark gewölbten Schale vermag *Gryphaea* ihre Öffnung über den Schlamm zu halten (ZEUNER 1933). Auf starken Wellengang ist die Form der Schale nicht abgestimmt. SWINNERTON (op. cit. pag. 415) nimmt höchstens einen „gentle drift of water“ an. Werden die ruhigen Wasserverhältnisse episodisch von Stürmen unterbrochen, so brechen die dünneren Schalteile teilweise ab. Auch das Ausmaß der Tonsedimentation wird nicht einförmig gewesen sein. Zeiten der Nichtablagerung haben mit Zeiten geringer und starker Sedimentation gewechselt. Die Lebensbedingungen des ersten Zeitabschnittes führen zu einer reichen Gryphitenfauna. Die Matrix dieses Niveaus ist meistens sehr kalkreich. Im zweiten Abschnitt hat sich *Gryphaea* in kleiner Zahl behaupten können. In der letzten Phase ist die Sedimentationsgeschwindigkeit derart, daß die Tiere nicht überleben können. Mächtige Tonstapel schließen das Auftreten von *Gryphaea* aus.

„Wir möchten das Sulphuretum betrachten als einen subaquatischen Lebensraum, in dem Lebensvorgänge und Sediment maßgeblich bestimmt werden durch die Anwesenheit des Schwefels oder seiner Verbindungen“ (SCHMIDT 1965 pag. 643). Das Sulphuretum ist im wesentlichen ein ökologischer und nur bedingt ein fazieller Begriff. Fazieaussagen betreffen den Zustand der wachsenden Sedimentoberfläche. Unvollständige Sulphureten erreichen diese nicht, bei ihnen wird die Reduktionszone durch die Oxydationszone bedeckt. Hat die Oxydationszone zur Ansiedlung von sessilem Benthos ausgereicht, sollte man nicht von Sulphuretum sprechen. Manche grabende Organismen sind allerdings gegen Schwefelwasserstoff wenig empfindlich, als Beispiel nennt SCHMIDT (op. cit. pag. 640) die Chondriten im Posidonien-Schiefer des Toarcien. Sulphurete können durch sekundäre Einwanderung von Pyrit vorgetäuscht werden. Pyrit gilt deshalb nur in Gegenwart von anderen Faziesindikatoren als sicheres Anzeichen eines Sulphuretums.

Das verkleinerte linke Blockbild in Abb. 2 dient ebenso als Maßstab für die Faziesverteilung, da es unter dem Meeresspiegel den mittleren Wellentiefgang und die Grenze des frei verfügbaren Sauerstoffs angibt. Die Tiefenangaben, die aktuellen Beispielen entnommen sind, beanspruchen keine Allgemeingültigkeit. Als maximale Untergrenze der deutlichen Tiefenwirkung des Wellenganges läßt SEIBOLD (1964 pag. 290) allenfalls 60 m - 70 m gelten. Bei einer Schichtung der Wassermassen in zwei Stockwerke wird die Oberschicht von Wind und Strömungen ziemlich gleichmäßig durchmischt, gut durchlüftet und ist wohl reich belebt. In der Unterschicht geht die Wassererneuerung nur sehr allmählich vor sich. Die vollständigsten Untersuchungsergebnisse über ein derartiges aktuelles Beispiel beziehen sich auf das Schwarze

Meer. Nach SEIBOLD (1964 Tab. 16/2) liegt hier die Trennungslinie von Ober- zur Unterschicht zwischen 100 m und 200 m. Der Sauerstoffgehalt nimmt von der Oberfläche bis zu 100 m schnell ab, tiefer als 200 m fehlt er völlig. Schwefelwasserstoff tritt bei 100 m noch nicht auf, liegt in 200 m Tiefe bei  $0,5 \text{ cm}^3/\text{l}$  und steigert sich maximal auf  $6,2 \text{ cm}^3/\text{l}$  bei Tiefen über 2.000 m.

In der Lias-Zeit ist das Auftreten von ähnlichen Nebenmeeren durchaus wahrscheinlich. Das durch zahlreiche Schwellen gegliederte Pariser Becken macht eine Schichtung der Wassermassen in zwei Stockwerken, wenigstens zeitweise, wahrscheinlich. Die großen Tiefen des Schwarzen Meeres sind jedoch kaum zu übernehmen. Sie sind für unsere Betrachtungen auch von geringerem Interesse, da es hier vorwiegend auf die Stoffverteilung in Bezug auf Ober- und Unterschicht ankommt.

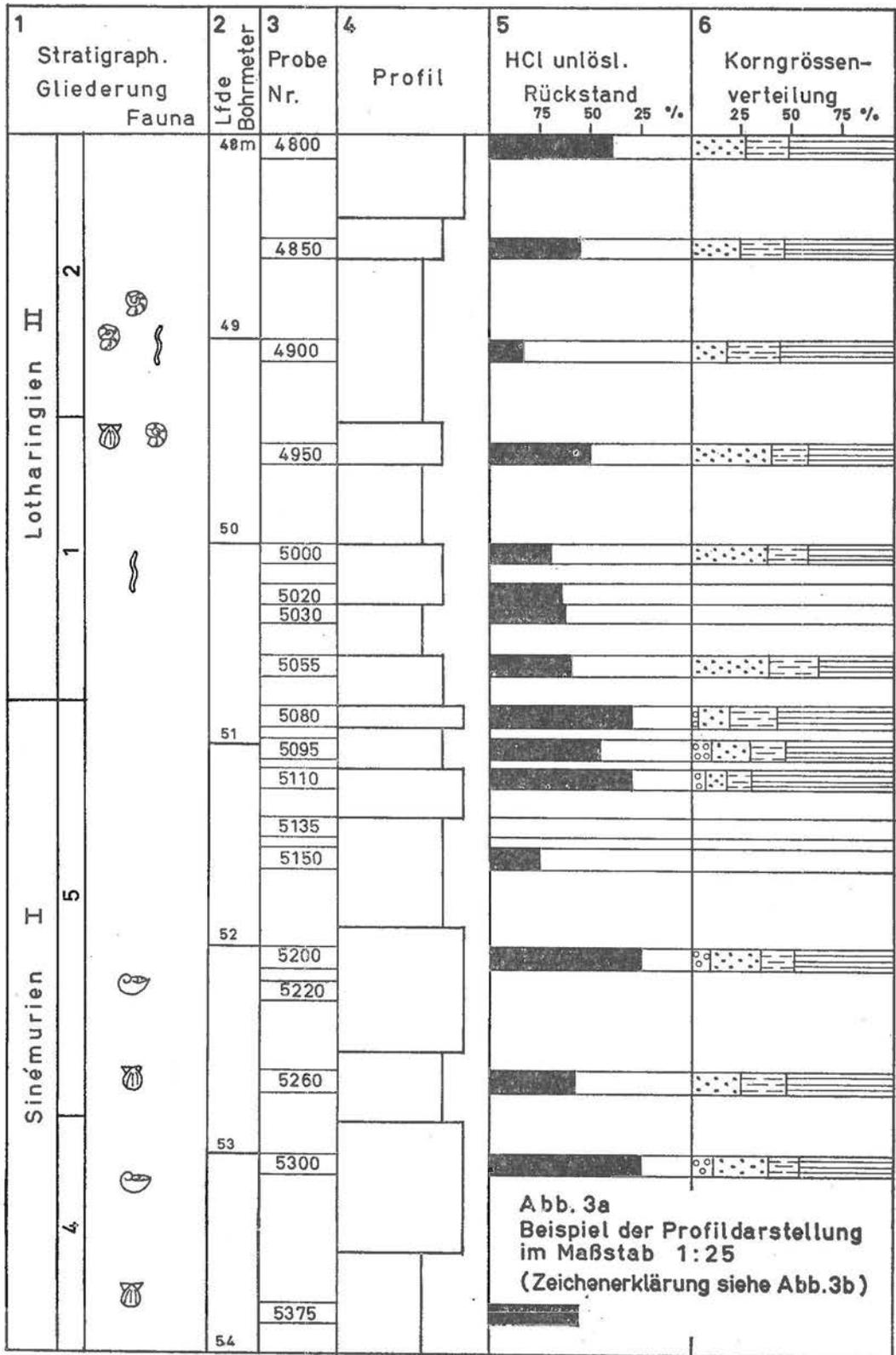
HALLAM (1964 pag. 160) belegt, daß die KLUEPFELSchen Lias-Serien in Großbritannien, Deutschland und Nordfrankreich Ausdruck von äußerst weitreichenden und hauptsächlich synchronen Änderungen der Meerestiefe sind. Diese Tatsache macht es wahrscheinlich, daß die Sedimentation eher kontrolliert wurde durch eustatisches Aufsteigen und Fallen des Meeresspiegels als durch lokale Krustenbewegungen.

Beide Ursachen führen zu demselben Sedimentationsbefund. Das Ansteigen des Meeresspiegels oder das Eintiefen des Beckens werden tiefere Seefazies bedingen. Die Flachseephasen werden entsprechend der Verschiebungsgeschwindigkeit der Sedimentationszonen in Tiefseephasen übergehen. Ein Absinken des Meeresspiegels wird eine Regression hervorrufen. Flachseeablagerungen werden allmählich die Ablagerungen der tieferen See ablösen. In den Schwellenbereichen wird möglicherweise erodiert. Überhaupt werden sich die Schwankungen am stärksten in den Sedimenten der Schwellenregion auswirken. Ton und Mergel dagegen, die über bemerkenswerte Höhenunterschiede abgelagert werden können und zum andern schlecht geeignet sind Erosionserscheinungen festzuhalten, werden die Ereignisfolge weniger getreu erkennen lassen.

#### 1.12. Die Bohrung FG 11: Beschreibungsmerkmale und ihre Profildarstellung.

Die in einem Durchmesser von 5,6 cm vorliegenden Bohrkerne verkörpern durchwegs einen sehr guten Bohrgewinn (insgesamt über 90%, streckenweise 100%). Zur Untersuchung wurde das bei Zimmertemperatur getrocknete Material benutzt. Die Profildarstellungen geben Auskunft über die Gesteinsart, die Bankung, die Lebensreste, die Lebensspuren sowie über die Probeentnahme. Schichtflächen wurden nicht gekennzeichnet, da, abgesehen von der unvermeidlichen Zerstörung mancher Schichtflächen beim Bohrvorgang, fünfundzwanzig  $\text{cm}^2$  Kernquerschnitt in der Regel nur wenige, wenn nicht falsche Rückschlüsse über den Typus der Schichtflächen zulassen,

Abbildung 3a gibt eines der zehn Din A 4-Blätter wieder, die im Maßstab 1:25 als Arbeitsunterlage dienten. Ortsrichtig eingetragen sind in Spalte 1 die Ammoniten- und Belemnitenfunde. Muschelschalen, aber auch Muschelschill, sind durch die Abbildung der häufig auftretenden Pectiniden wiedergegeben, Gryphäenfunde haben eine eigene Signatur. Das Blattzeichen bedeutet Vorkommen von Pflanzen, hier meist als verkohlte Häcksel. Die Schlangensignatur bezeichnet olivfarbene Kriechspuren; desweiteren sind Chondriten und Innenspuren angeführt.



ZEICHENERKLÄRUNG zu Abbildung 3a sowie zu den Tafelanlagen 1,2,3 u.4

Abb. 3b

Spalte 1	Spalte 4 u.6	Spalte 11	Spalte 10	Spalte 12
Ammoniten	Sand	Foraminiferen	Cornuspira	Cytherelloidea
Belemniten	Grobsilt	Ostracoden	Nodosaria	Hungarella
Lamellibranchiaten außer Gryphiten	Mittelsilt		Dentalina	Bairdia
Gryphiten	Feinsilt u. Ton		Marginulina	Bythocypris
Pflanzenreste	Mergel		Lenticulina	Paracypris
Kriechspuren	Kalk		Planularia	Krausella
Innenspuren			Lingulina	Procytheroidea
			Frondicularia	

In Spalte 2 findet man die Bohrmeterangaben. In Spalte 3 sind die Proben durch den oberen cm-Abstand ab Bohrbeginn gekennzeichnet. So reicht die Probe 5.200, welche über 10 cm der Bohrstrecke entnommen ist, von 5.200 cm bis 5.210 cm ab Bohrbeginn. Die Probeentnahme wird ausführlich in Teil II Kapitel 2.12. behandelt.

Die wechselnde Breite des lithologischen Profils in Spalte 4 drückt die Mächtigkeit der verschiedenen Bänke aus. Ablösungsflächen im Abstände von mehr als 5 cm sind in einer maximalen Breite wiedergegeben. Die Breite nimmt stufenweise ab für die Bankung zwischen 5 bis 2 cm, zwischen 2 bis 0,2 cm; die geringste Breite kommt den blätterdünnen Lagen unterhalb von 0,2 cm zu. Generell bedingen dickbankigere Sandsteine und Kalke die hervorstehenden, die milden Tone die einspringenden Teile des Profils.

Die lithologische Aussage wird in Spalte 5 durch die überschlägige Angabe des Karbonatgehaltes ergänzt. Diese Daten ergeben sich aus dem in Salzsäure unlöslichen Rückstand, der zur Korngrößenbestimmung benötigt wurde. In Salzsäure löslich sind  $\text{CaCO}_3$  und andere Karbonate. Aber auch Tonmineralien werden teilweise angegriffen. Da dieser Wert schnell zu ermitteln war und weitgehend über die ganze Schichtenfolge bekannt ist, ist er zum Ansprechen der Schichten sehr geeignet.

Das Bild der Korngrößenverteilung — Spalte 6 — ist mit den Klassen Sand, Grobsilt, Mittelsilt sowie Feinsilt plus Ton wiedergegeben. Hiervon handelt im einzelnen Teil II Kapitel 2.21.

Dieselbe Anordnung findet sich in den Tafelanlagen 1, 2, 3 und 4 wieder. Ursprünglich im Maßstabe 1:50 dargestellt, geben sie, nach lithologischen Serien getrennt, zudem die Untersuchungsergebnisse wieder.

Eine zusammenfassende Darstellung in kleinerem Maßstabe mit Serienbezeichnung zeigt Abb. 5.

### 1.13. Die Beschreibung der Serien.

Die Schichtenfolge der Bohrung FG 11 zeigt einen ersten großen lithologischen Wechsel bei 5.930 cm ab Bohranfang. Er trennt grobkörnige Kalksandsteine im Liegenden von einer Kalk-Mergel-Folge im Hangenden.

Zu dieser Kalk-Mergelserie, die wir mit I bezeichnen, stellen wir die Schichten von 5.930 bis 5.080. Es sind mehrere Sequenzen, die mit karbonatarmen Ablagerungen einsetzen und jeweils mit einer Kalkbank abschließen. *Gryphäen* treten sehr häufig auf.

Das Auftreten von Kalkbänken gliedert diese Serie in drei Einheiten. Von unten nach oben:

- I (1 + 2): 5.930 - 5.650 — die beiden unteren Sequenzen, mit niedrigem Karbonatgehalt in der Anfangsphase, der sich in der abschließenden Bank jeweils auf über 75% erhebt.
- I (3) : 5.650 - 5.490 — einen mittleren Teil mit zurücktretendem Kalkgehalt.
- I (4 + 5): 5.490 - 5.080 — vier Folgen mit einem Karbonatgehalt der Anfangsphase von wenigstens 25% und eine relative mächtigen Endphase von 75%. Aus später zu erläuternden Gründen, werden sie zu zwei Sequenzen zusammengefaßt.

Die Serie II. (5.080 - 4.540) führt keine *Gryphäen* dagegen reichlich *Ammoniten*; bei 4.790 tritt ein *Belemnitenrostrum* auf. Auch in dieser Serie stellt man eine allmähliche Zunahme des Karbonatgehaltes fest. Folgende Sequenzen sind abzugrenzen:

- II (1) : 5.080 - 4.940 — eine Sequenz mit niedrigem, wenig schwankendem Karbonatgehalt, der selbst in der Endphase 50% nicht übersteigt.
- II (2) : 4.940 - 4.790 —
- II (3) : 4.790 - 4.540 — zwei Sequenzen, die der allgemeinen Beschreibung entsprechen.

In der Serie III ab 4.540 bis 3.547 werden relativ monotone Mergel und eine abschließende 30 cm mächtige Kalksandsteinbank zusammengefaßt. Die Schichtenfolge III besitzt bis zu 3.990 eine reiche *Ammonitenfauna*. Die Karbonatführung zeigt innerhalb der Mergel rhythmische Schwankungen zwischen 12% und 31%. Diese vermögen jedoch keine makroskopische Untergliederung der Ablagerungen hervorzurufen. In der abschließenden positiven Phase treten helle Kalke auf, die sandig, zum Teil oolithisch und stark pyritführend sind.

Die mächtigen Tonfolgen oberhalb der Kalkbank werden als Serie IV bezeichnet. Diese monotonen, kalkarmen Gesteine eignen sich schlecht zu einer Gliederung durch den überschlägigen Kalkgehalt. Diese Serie ist deshalb in Tafelanlage 4 stark gerafft dargestellt. Etwa 20 Proben stehen für über 100 durchgeführte Bestimmungen.

## 1.2. Die *Ammonitenfauna*.

Die folgenden Beschreibungen beziehen sich auf die *Ammoniten* der Bohrung FG 11 oder auf solche, die für die stratigraphische Einordnung dieser Bohrung von Wichtigkeit sind. Die Bohrung Itzig hat vor allem solche Beispiele geliefert. Die restlichen *Ammoniten* werden in Teil III in ihrem Profilverband erwähnt.

### 1.21. Die *Ammonitenfauna* der Bohrung FG 11.

#### 1.21.1. Das Auftreten und der Erhaltungszustand.

Innerhalb der Bohrung FG 11 lassen 24 Ablösungsflächen mindestens 38 *Ammoniten*gehäuse oder deren Bruchstücke erkennen. Der schlechte Erhaltungszustand der Fossilien

beschränkt die Diagnostizierung auf 22 Exemplare. Auf dieser Anzahl fußen die numerischen Auswertungen.

Nur zwei Formen, bei 4.700 und 4.590, reichen über den Bohrquerschnitt hinaus. Deren Gehäuse besitzen eine schnell zunehmende Windungshöhe. Die Formen erinnern an *Asteroceras stellare*. Da jedoch nur ein Kreischnitt vorliegt, wird nicht weiter auf diese Formen eingegangen — siehe Taf. 2, Abb. 1 —.

Die Durchmesser der übrigen Gehäuse überschreiten nicht 29.5 mm. Die kleinste Form besitzt einen Durchmesser von 3,9 mm. So ist zu verstehen, daß 2 und 3 Formen gemeinsam auf einer Ablösungsfläche auftreten können. Derartige Anhäufungen sind sogar die Regel. Nur bei 2.850 und bei 885 tritt je ein vereinzelter Ammonit auf. Die übrigen 20 gruppieren sich zwischen 4.950 bis zu 3.990 folgendermaßen:

- in der Serie II (1 + 2) : 3 Exemplare zwischen 4.950 - 4.885  
                  ( 3    ) : 8 Exemplare zwischen 4.775 - 4.590
- in der Serie III                 : 5 Exemplare zwischen 4.440 - 4.402  
  : 4 Exemplare zwischen 4.150 - 3.990

Die meisten Exemplare liegen parallel zur Schichtung und sind flachgedrückt. Dies erschwert sehr die Aussage über die Ausbildung der Externseite, welche nur bei drei Exemplaren, die mit ihrem Gehäuse senkrecht zur Schichtung stehen, eindeutig anzusprechen ist. Bei einem Drittel der Exemplare ist die kalkige Schale noch in Fetzen erhalten. Über die Hälfte der Gehäuse zeigt einen Pyritanflug. Die Suturlinie ist an keinem Exemplar zu erkennen.

Sechzehn ammonitenführende Ablösungsflächen sind reich an Großstracoden. Dagegen sind Foraminiferen nur auf 5 Flächen zu beobachten. Größere Glimmerschüppchen fallen bei 13 Flächen auf. Die Häufigkeit von Pyrit ist schon erwähnt worden, zu ergänzen bleibt sein Auftreten in kubischen Kristallen. Pflanzliche Gewebereste z. B. Dornen sind für 11 Flächen charakteristisch.

Sechsmal liegen Ammonitengehäuse gemeinsam mit Gehäusedeckeln, wahrscheinlich Anaptychen, zusammen. Die Deckel gehörten jedoch zu größeren Gehäusen und liegen wahrscheinlich hier durch Frachtsonderung. Vier der beschriebenen Ammoniten treten gemeinsam mit dünnchaligen Lamellibranchiaten auf. Eine Schichtfläche vereint je einen Ammonit, eine Muschel und eine Innenspur.

#### 1.21. 2. Die Diagnose.

Da bei dem vorliegenden Material die Suturlinie nie erhalten ist, zudem das Ansprechen der Externseite oft nicht mit Sicherheit geschehen kann, sind die Bestimmungsmöglichkeiten stark eingeschränkt. Die stratigraphische Aussagemöglichkeit jurassischer Ammoniten, sowie die Hoffnung, in horizontgleichen Schichten über Tage besseres Vergleichsmaterial zu finden, veranlaßten die möglichst genaue Erfassung von Seite und Gegenseite der einzelnen Exemplare. Die Meßwerte sind mit der Schieblehre oder unter dem Binokular bestimmt worden. Dem Erhaltungszustand entsprechend sind die Kennwerte auf 1/10 mm abgerundet.

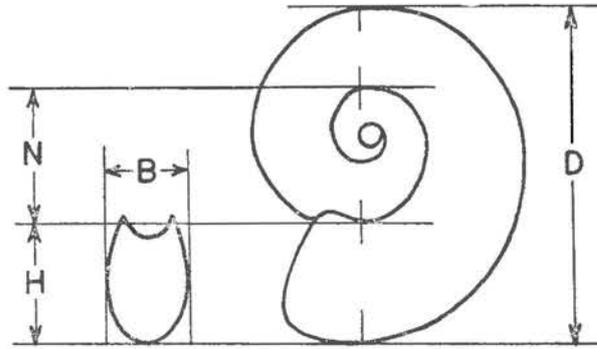


Abb. 4: Lage der gemessenen Parameter

Die Untersuchungsmethode lehnt sich an jene von PERRIN & THEOBALD (1961) an — vergleiche Abb. 4 —. Gemessen wird:

- D: der größte Durchmesser des Gehäuses auf einer Linie, die durch den Mittelpunkt geht. Auf der letzten Windung erfolgt die Messung über den Rippen, eventuell über dem Kiel. Auf dieser Meßstrecke werden abgegriffen:
- N: die Nabelweite, als Strecke, die innerhalb der letzten Umwindung abgegrenzt ist,
- H: die größte Höhe des Gehäuses auf der letzten Umwindung, falls möglich an der Wohnkammer,
- B: die H entsprechende Breite. Sie konnte an den Beispielen der Bohrung FG 11 nur ausnahmsweise ermittelt werden.

Zur Diagnose dienen die Quotienten aus diesen Werten:

$N/D \cdot 100$  = die relative Nabelweite in %,

$H/D \cdot 100$  = die relative Höhe der letzten Umwindung in %,

$H/N \cdot 100$  = die relative Höhe der letzten Umwindung in Bezug auf die Nabelweite in %,

$B/B \cdot 100$  = die relative Breite in %.

Die graphische Darstellung dieser Kennwerte erfolgt im rechtwinkligen Koordinatennetz (siehe Taf. 1). Als Abzissenwert ist der jeweilige Nenner der Quotienten aufgetragen: der Durchmesser D für die Verhältnisse  $N/D$  und  $H/D$ , die Nabelweite N für das Verhältnis  $H/N$ . Als Ordinatenwert ist entsprechend N und bei den zwei verbleibenden Darstellungen jeweils H aufgetragen.

Die so gewonnenen Darstellungen lassen das vorliegende Material im wesentlichen zwei Formenkreisen zuordnen. Dazu zeichnen sich eine evolutere und eine involutere Tendenz ab. Jeder Formenkreis wird an Hand eines gut erhaltenen Exemplars charakterisiert.

#### a) der Formenkreis I

Nr.	D mm	N mm	H mm	N/D%	H/D%	H/N%	Rippen/Umgang
4.640	21.0	8,2	8,5	39	40	102	19
Gegenseite	20,0	7,2	7,6	36	38	103	
4.945	16,8	6,0	6,2	36	38	102	21
Gegenseite	15.5	5,7	5,9	37	38	102	

4.025	15,0	5,8	5,9	39	39	101	23
Gegenseite	15,0	5,9	6,0	39	40	101	

Die gemeinsamen Merkmale dieser drei Beispiele werden an Form 4.025 — siehe Taf. 2 Abb. 2 — beschrieben. Diese evolutive Form zeigt vier sich zu 15% umfassende Windungen. Sie ist mit einer relativen Nabelweite von 39% als nicht besonders engnabelig zu bezeichnen. Dieser Wert schwankt für die drei Exemplare zwischen 36%-39%. Der Quotient H/D beträgt 39,5%: er ist für die drei Formen (38%-40%) sehr konstant. Die Höhe der letzten Umwindung im Bereich der Wohnkammer ist gleichwertig mit jener der Nabelweite. Für die drei Exemplare ist sie sogar unwesentlich größer. Die letzte Umwindung zeigt 23 scharfe ungeteilte Rippen. Nach Beispiel 4.025 zu urteilen, ist die Ausbildung eines Externkieses nicht ausgeschlossen.

Die Häufigkeit an der Gesamtf fauna ist mit drei Ammoniten gering. Das vertikale Vorkommen von 4.945 über 4.025 ist weitreichend.

Vergleichswerte:

	N/D %	H/D %	H/N %	Zahl der Rippen/Umgang
1.	38	38	101	22
2.	40	37	92	25
3.	41	35	88	24

Die übereinstimmenden Kennwerte unter 1. zeigt der auf Tab. IX, Fig. 1 von HYATT (1889) als *Asteroceras obtusum* abgebildete Ammonit. Die Vergleichswerte 2. sind entnommen bei d'ORBIGNY (1842-49) für den auf Taf. 44, Fig. 1 abgebildeten *Ammonites obtusum*, 3. bei ARKELL (1956), Taf. 31, Nr. 2 für *Asteroceras obtusum*. Relative Nabelweite und relative Höhe zeigen auch hier übereinstimmende Werte. Die Höhe der letzten Umwindung ist jedoch kleiner als die Nabelweite.

Die drei vorliegenden Beispiele stehen *Asteroceras obtusum* (SOWERBY), insbesondere der von HYATT 1889, Taf. IX, Fig. 1 abgebildeten Form nahe.

b) der Formenkreis II

Nr	D mm	N mm	H mm	N/D %	H/D %	H/N %	Rippen/Umgang
4.745 <sub>1</sub>	29,5	15,5	10,5	52	34	65	25
4.745 <sub>2</sub>	24,5	11,5	7,3	47	30	63	22
3.990	20,5	10,5	6,5	50	32	62	
Gegenseite	20,5	10,1	6,8	50	33	67	
4.411	18,0	8,6	5,6	48	31	65	21
4.745 <sub>3</sub>	14,5	6,7	4,5	46	31	67	22
4.402	12,2	5,8	4,3	48	35	74	20
4.000	11,8	5,2	3,4	48	29	65	
4.885 <sub>3</sub>	11,0	4,9	3,4	45	31	70	
4.885 <sub>2</sub>	10,5	4,8	3,2	46	30	67	19
4.430	6,6	2,7	2,3	41	35	86	
Gegenseite	6,3	2,5	2,2	40	35	88	
4.440	4,5	1,9	1,2	42	27	63	

Die Diagnose erfolgt an dem Exemplar 4.745<sub>1</sub> — siehe Taf. 2, Abb. 3 —. Das evolutive Gehäuse ist sehr weitnabelig. Die Umgänge sind kaum umfassend. Die Skulptur setzt allmählich mit breiten Streifen ein. Auf der letzten Umwindung sind scharfe hohe ungeteilte Rippen ausgebildet, die leicht rückwärts gekrümmt sind. Pro Rippe scheint ein Knötchen ausgebildet zu sein. Auf dem letzten Umgang zählt man 25 Rippen, die leicht über das Gehäuse hinausragen. Ihr Durchlaufen auf der Externseite ist nicht einwandfrei zu beobachten.

Die Formen 4.430 — siehe Taf. 2, Abb. 5 — und 4.440 sind kleinwüchsige, sehr evolutive Ammoniten mit niedrigem letzten Umgang und fehlender Schalenskulptur. Ihre Kennwerte stellen sie in den einzelnen Diagrammen in den Ursprung der Linie, die zu Formkreis II hinführt. Da die Untersuchung nicht an Steinkernen erfolgte, sind die Unterscheidungsmerkmale zwischen Zwergformen und Jugendwindungen normaler Ammoniten nicht anwendbar. Sie sind deshalb von den folgenden Betrachtungen ausgeschlossen.

Die Formen von Kreis II besitzen mit 45%-52% eine größere Nabelweite als die Formen des Kreises I. Sie unterscheiden sich ebenso durch die Werte für die relative Höhe (29%-34%). Die nabelweitige Höhe, trotz des größeren Schwankungsbereiches von 62%-74%, bietet das beste Abtrennungsmerkmal.

Die Beispiele 4.406 — siehe Taf. 2, Abb. 4 —, 4.150 und 4.000<sub>1</sub> zeigen Ringrippen, die mit v-förmiger Verbreitung über die Externseite setzen. Ein Kiel ist nicht ausgebildet. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die Ringrippen den Formen der Reihe II zuzuordnen sind.

Auch der Formkreis II besitzt eine große stratigraphische Verbreitung. Er reicht mit 10 Exemplaren von 4.885 bis zu 3.990 cm.

D'ORBIGNY (1842-49) bildet auf Taf. 65, Fig. 1 einen *Ammonites planicosta* ab, der das Errechnen folgender Kennwerte erlaubt: N/D % = 48, H/D % = 31, H/N % = 64, Rippen/Umgang = 22 oder 23.

D'ORBIGNY (op. cit. pag. 243) charakterisiert diese Form mit einer relativen letzten Umgangshöhe von 28% und einer relativen Nabelweite von 49%. Pro Umwindung schwankt die Rippenzahl zwischen 20 und 25. Die Rippen greifen sich verbreiternd über die Externseite hinweg. Diese Art steht *Xipheroceras dudressieri* (D'ORBIGNY) morphologisch sehr nahe und unterscheidet sich von ihr durch die Ausbildung des oberen Laterallobus und das Fehlen von Knoten auf den Rippen.

*Xipheroceras dudressieri* ist bei D'ORBIGNY (op. cit.) auf Taf. 103, Fig. 1-3 abgebildet — dazu die selbst errechneten Kennwerte:

Fig. 1: N/D % = 47, H/D % = 32,5, H/N % = 69, Rippen/Umgang = 22  
 Fig. 2:           48                   32                   67                   18

— und auf Seite 325 beschrieben mit einer relativen letzten Umwindungshöhe von 32% und einer relativen Nabelweite von 54%. Pro Umwindung sind 17 bis zu 20 hohe Rippen angegeben. Diese zeigen lateral eine scharfe Spitze. Bei den adulten Formen ab 75 mm Durchmesser ist die Verwechslung mit *Promicroceras planicosta* ausgeschlossen, denn „ses côtes alors s'effaçant sur le dos, et les pointes devenant latéralement très saillantes“ (D'ORBIGNY op. cit. pag. 326).

Die verfügbaren Merkmale, die Durchmesser, die alle weit unter 75 mm liegen, machen es schwierig, zwischen *Promicroceras planicosta* (SOWERBY) und *Xipheroceras dudressieri* (D'ORBIGNY)

zu unterscheiden. Beide Formen kennzeichnen in NW-Deutschland (HOFFMANN 1964 pag. 153) die *planicosta*-Subzone. Nach VAN WERVEKE (1901) ist in Lothringen für die hier erwähnte stratigraphische Position das Auftreten von *Promicroceras planicosta* wahrscheinlicher.

c) die involuterer Formen:

Nr.	D mm	N mm	H mm	N/D %	H/D %	H/N %
4.750	8,2	2,9	3,0	35	36	104
4.000 <sub>1</sub>	3,7	1,0	1,3	27	35	130
885	8,6	3,0	3,6	35	42	120

Die Formen 4.750 und 4.000<sub>2</sub> sind leicht involut. Die Form 4.750 — siehe Taf. 2, Abb. 6 — zeigt nur wenige, schwach ausgeprägte Rippen; die Form 4.000 besitzt eine fast glatte Schale. Bei beiden Formen ist ein Kiel angedeutet.

So, wie die Formen 4.430 und 4.440 auf den Formenkreis II bezogen werden können, stehen die Formen 4.750 und 4.000 morphologisch im Ursprung des Kreises I. Die Bestimmung stößt auf dieselben grundlegenden Schwierigkeiten. Handelt es sich um Jugendwindungen oder aber um adulte Zwergformen? HYATT (1889) hat diese Frage schon aufgeworfen, als er ähnliche Formen auf Taf. IX, Fig. 10 als *Asteroceras collenoti* HYATT abbildete. Diese Formen gehören nach HYATT (op. cit. pag. 213) in die *planicosta*-Schichten. D'ORBIGNY (1842) bildet auf Taf. 95. 6-9 *Ammonites collenoti* ab und gibt (pag. 305) Werte für die relative Nabelweite und für die relative Höhe der letzten Umwindung. Den Wert für die nabelweitige Höhe, sowie alle Werte zu der Abbildung von HYATT, haben wir ergänzend gerechnet:

	N/D %	H/D %	H/N %
HYATT (Taf. IX, Fig. 10):	30	40	130
D'ORBIGNY (Taf. 95, Fig. 6-9):	30	45	152

Besonders auf die Form 4.750 trifft sowohl die Beschreibung als auch die Abbildung von *Asteroceras collenoti* HYATT (1889) auf Taf. IX, Fig. 10 zu. Die verschiedenen Kennwerte sind bei derartigen, kleinen Formen nur von geringem diagnostischen Gewicht.

Die engnabelige Form 885 — siehe Taf. 2, Abb. 7 — zeigt auf der schwach umfassenden Endwindung einen fadenförmigen Kiel. Die Schale ist ohne Skulptur. Es wäre wenig sinnvoll, unsere Bestimmung als *Oxynoticeras (Cheltonia) accipitris* (BUCKMAN) mit zahlreichen Vergleichswerten zu belegen, da wir nur ein Exemplar haben. Die Angehörigen dieses Formenkreises unterliegen, wie SÖLL (1957) dargelegt hat, ontogenetischen Veränderungen der Kennwerte: „Im Alter ist der Querschnitt bedeutend höher als breit“ (SÖLL op. cit. pag. 339). Sogar die Unterscheidung zwischen *Oxynoticeras oxynotum* und *Cheltonia accipitris* ist nur bei großen Exemplaren „mit Durchmesser über 12 mm“ (SÖLL op. cit. pag. 400) einwandfrei durchzuführen, während die Unterscheidung bei Jugendformen, die sich überaus ähnlich sehen, Schwierigkeiten bereitet. Die Form 885 ähnelt sehr stark der SÖLLschen Abbildung 14 auf Tafel 18. SÖLL (op. cit. pag. 339) gibt hierzu unter Nr. 9 der Maßtabelle folgende Meßwerte an:

D mm	N mm	H mm	N/D %	H/D %	H/N %
8,6	2,7	3,5	31	41	129

Auffallend ist die Übereinstimmung des Durchmessers mit jenem der Form 885. Die errechneten Kennwerte entsprechen sich auch recht gut. Dies alles spricht dafür, die Form 885 als eine Form anzusprechen, die *Oxynoticeras oxynotum* nahe steht.

d) die evoluteren Formen:

Nr.	D mm	N mm	H mm	N/D %	H/D %	H/N %	Rippen/Umgang
4.590	11,0	6,5	3,0	59	27	46	
2.850	8,9	4,5	2,4	51	27	53	18

Das Exemplar bei 4.590 entspricht im wesentlichen der Formenreihe II, nur fällt die größere Nabelweite auf. Die vorliegenden Merkmale reichen zu einer näheren Bestimmung nicht aus.

Die Form 2.850 — siehe Taf. 2, Abb. 8 — ist sehr evolut. Die inneren Windungen sind glatt, während die letzte Windung durch starke, weitstehende Rippen gegliedert wird. Die Form ähnelt vor allem denen bei SÖLL (op. cit.) Taf. 19, Fig. 5 und 7 als *Bifericeras bifer* (QUENSTEDT) abgebildeten Beispielen. Die Kennwerte von 2.850 stimmen sehr gut mit jenen überein, die auf Grund der Angaben errechnet sind, die bei SÖLL in Tabelle pag. 403 unter 7 und 8 angegeben sind. Das Durchrechnen der SÖLLSchen Meßwerte zeigt, daß die Nabelweite mit wachsendem Durchmesser relativ von 49% auf 57% zunimmt, die Höhe der letzten Umwindung unregelmäßig von 30% auf 26% abnimmt.

Die Bestimmung als *Bifericeras bifer* (QUENSTEDT) wird durch Funde in der Bohrung ITZIG erhärtet.

## 1.22 Die Bohrung Itzig und ihre Ammonitenfauna

Die Bohrung Itzig befindet sich 5 km SE von Luxemburg-Stadt. Die geologische Situation entnimmt man der Abbildung 1. Eine nach SW einfallende Scholle hat in der Gegend von Sandweiler und Contern ein ausgezeichnetes Wassereinzugsgebiet in dem sehr porösen und stark zerklüfteten Luxemburger Sandstein. Da dieser schnell von jüngeren undurchlässigen Schichten überlagert wird, entsteht ein gespanntes Grundwasserreservoir, das nicht mehr durch Täler angeschnitten wird und nur durch Brunnen zu erschließen ist. Die gekerkte Bohrung Itzig hat, zwecks Erkundung zur Abteufung eines Bohrbrunnens, diese jüngeren Schichten durchteuft und den Luxemburger Sandstein bei 71,80 m erreicht. Die gesamte Schichtenfolge ist in Abb. 5 dargestellt und wird in Teil III ausführlich beschrieben. Die folgende Schichtenbeschreibung soll der Lokalisierung der auftretenden Ammoniten dienen.

Zwischen 71,80 m und 63,35 m tritt eine Wechsellagerung von Kalken mit Mergeln auf. Oberhalb ist die *planicosta*-Subzone mit zahlreichen Ammoniten gut ausgebildet. Exemplare mit Ringrippen kommen z.B. bei 61,20 m vor. Eine Kalksandsteinbank schaltet sich zwischen 49,60 m und 49,50 m ein. Die stark tonigen Lagen werden ab 32,40 m karbonatreicher. Zwischen 16,25 m und 12,60 m treten sandige, eisenoolithische Kalke auf. Diese Serie schließt mit einer biogenen Kalkbank von 12,60 bis 12,20 m. Bis zum Bohrbeginn bleibt die Bohrung dann innerhalb von Tonschichten.

Bei 49,25 m, also kurz oberhalb der Kalksandsteinbank, tritt ein Ammonit auf — siehe Taf. 3, Abb. 1 — dessen eine Seite und dessen Rücken teilweise gut erhalten sind. Die Gegenseite ist nicht anzusprechen.

Kennwerte:

D mm	N mm	H mm	B mm	N/D %	H/D %	H/N %	B/D %	Zahl der Rippen/ ½ U.
15,0	7,5	4,2	4	50	28	56	27	10

Die Merkmale entsprechen ziemlich gut der Beschreibung, die SÖLL (op. cit. pag. 403-406) für *Bifericeras bifer* gibt. Der Querschnitt erscheint niedrig-rechteckig. Die Wohnkammer ist nicht erhalten.

Der Rücken ist bis zu den Rippen flach gewölbt. Die Flanken sind zwischen den Rippen erst steil gerundet und verlaufen dann waagrecht zur Naht. Die innersten Windungen sind glatt. Ab drittem Umgang werden die Rippen allmählich stärker und neigen schnell zur Knotenbildung. Auf der Externseite biegen sie nach vorne. Über den Rücken verlaufen schwach erhabene Falten. Die Sutura ist schlecht zu erkennen. Dies schränkt die Bestimmung als *Bifericeras bifer* (QUENSTEDT) vorerst noch ein. Das Auftreten dieser Form in zwei verschiedenen Bohrungen in vergleichbarer stratigraphischer Position sollte als Faktum hervorgehoben werden.

Dipl. Ing. Geol. J. BINTZ überließ mir das Bruchstück eines Ammoniten (Durchmesser wenigstens 6 cm), welches er am Brunnen in Syren aufgehoben hat. Dieser, — siehe Tafel 3, Abbildung 2 — wahrscheinlich als *Echioceras raricostatooides* VAD. zu bestimmende Ammonit, wird nur deshalb erwähnt, weil er in einem Gestein sitzt, welches dem erwähnten sandigen eisenoolithischen Kalke der Bohrung Itzig vortrefflich entspricht. Diese Fazies hebt sich stark von den liegenden Kalken und Tonen ab und kann nur in den „Öckerkalk“ gehören. Die Bohrung Itzig hat in diesen Schichten keine Fauna geliefert.

### 1.23. Die Verknüpfung von Ammonitenfunden und Faziesausbildung.

Auf Grund von Untersuchungen an Ammoniten der Trias, des Jura und der Kreide belegt ZIEGLER (1963 pag. 102), daß eine ganze Reihe von Ammoniten deutlich faziesabhängig sind. Dies bedeutet: 1. Die Mehrzahl der betreffenden Ammoniten ist in ihrem Lebensraum eingebettet worden. 2. Diese Ammoniten müssen in einem Biotop gelebt haben, das von denjenigen Gegebenheiten beeinflußt war, die sich heute in der Fazies äußern. Sie sollten also Bewohner der bodennahen Wasserschichten gewesen sein. Die Fazieskriterien, welche die lotharingischen Funde charakterisieren, sind hervorgehoben worden. Sie sprechen für einen Ablagerungsraum, welcher den Einschwemmungen von gröberen Sedimenten entzogen war. Hier setzen sich nur Glimmerschüppchen, Pflanzenhäcksel und feine Tonpartikel langsam ab. Das Milieu war kalkarm und reich an Schwefelwasserstoff. In einem bodennahen Sulfuretum vermochten sich größere Pyritkuben zu bilden. Aufbereitungs- und Umlagerungsvorgänge ereigneten sich ausschließlich an beckeneigenem Material. Das Auftreten der unter- und mittel-lotharingischen Ammoniten ist an diese Faziesmerkmale gebunden, und zwar, den KLUEPFELschen Vorstellungen entsprechend, kennzeichnen die Faunen den Beginn der Sequenz, ziehen sich nur ausnahmsweise auch etwas höher in die Ablagerungen mit steigendem Karbonatanteil.

Über ähnliche Verhältnisse berichtet SÖLL (op. cit.) aus Mittel-Württemberg. Hier treten die Ammoniten bevorzugt in den rauhen Mergellagen auf. Diese sind Aufarbeitungslagen, die allgemein an der Basis einer Sequenz liegen. Bezeichnenderweise führen diese Lagen nie aufgearbeitete Ammoniten der liegenden Schichten, sondern die neu-transgredierenden Gewässer sind Biotop der erstmalig auftretenden Formen. „Fast alle Ammonitenarten des mittleren und oberen Lias beta in Württemberg (treten) erstmals in einer Aufarbeitungslage (auf) und setzen sich in den darüberliegenden Tonen fort“ (SÖLL op. cit. pag. 383). Doch hören die Vorkommen von Ammoniten

bald auf, d. h. die Ammoniten entziehen sich dieser Fazies, um mit der neuen Sequenz wiederzukehren.

Den durch Ammoniten datierten Ablagerungen entsprechen nur Abschnitte der Lebensdauer einer Ammonitenart. Sie stellen nur Teilzonen dar, also keine Biozonen, die durch die Gesamtlebensdauer einer Art bestimmt sind. Dieser Befund läßt die biostratigraphische Gliederung als eine Abhängige der Faziesausbildung erscheinen. Erst wenn die Umweltbedingungen es erlauben, wird die biostratigraphische Altersangabe registriert.

### 1.3. Die stratigraphische Einordnung der natürlichen Serien.

Die in Kapitel 1. 13. abgegrenzten lithologischen Serien setzen sich aus einzelnen sehr unterschiedlichen Phasen zusammen, deren zeitliche Aufeinanderfolge Tendenzen zeigt, die sich innerhalb der Serie besser miteinander vergleichen lassen, als mit den liegenden oder hangenden Ablagerungen. Die Serien sind das Ergebnis von klimatischen bzw. epirogenetischen Schwankungen. Da diese regional mehr oder weniger stark begrenzt sind, schränken sie den stratigraphischen Wert insbesondere von untergeordneten Einheiten sehr stark ein. Die Annahme HALLAMS — siehe Seite 21 — von weitreichenden und hauptsächlich synchronen Änderungen der Meerestiefe in der nordwesteuropäischen Liasprovinz ARKELLS besitzt somit nur modellhaften Wert für den Großablauf des Lias-Geschehens; sie rechtfertigt nicht, daß man wohldefinierte Gesteinsserien unmittelbar mit chronostratigraphischen Einheiten gleichsetzt. Günstigere Voraussetzungen der Korrelation schafft die Tatsache, daß die chronostratigraphische Gliederung der uns hier interessierenden Schichtglieder — Hettangien, Sinémurien, Lotharingien — innerhalb dieser Provinz in nicht allzu großer Entfernung der Untersuchungsprofile festgelegt sind.

Ein erster eindeutiger lithologischer Wechsel liegt bei 5930 cm. Er belegt die Grenze zwischen der Fazies des Luxemburger Sandsteins und der der Mergel und Kalke von Straßen. Da DUMONT seine Mergel-Kalkserie in erster Hinsicht lithologisch festgelegt hat, ist ihre Grenze oberhalb der letzten Kalkbank bei 5.080 zu suchen. Die Aussage von LUCIUS (1948 pag. 158) „oben herrschen die Mergel vor“, darf man auch dahin deuten, daß im oberen Teil die mergeligen Zwischenschichten mächtiger werden. Die Serie I entspricht in ihrem Umfang also den Kalken und Mergeln von Straßen. Entspricht nun die Grenze Serie I zur Serie II auch der Grenze Sinémurien s. str. zum Lotharingien? Bei 5.210 tritt noch *Gryphaea arcuata* auf. Diese ist für das Sinémurien s. str. typisch. „Dans tout le Lotharingien, *Gryphaea arcuata* est remplacé par sa mutation *Gr. obliqua*“ (HAUG 1908 - 11 pag. 961). Die Grenze kann auch nicht viel höher gelegt werden, da ab 4.945 die *obtusum*-Zone mit Ammoniten einsetzt und eigentlich die *turneri*-Zone noch einzuschieben wäre.

HILTMANN (1965) hat eine sporologische Untersuchung des Bohrgutes in Angriff genommen. Über den derzeitigen Stand sei kurz berichtet „*Densosporites sphaerotriangularis* KOSANKE tritt in den Proben 1 (5.910) bis 20 (5.038 - 5.041) regelmäßig mit großer Häufigkeit auf (9 - 37%), sinkt dann aber ab Probe 19 (5.015 - 5.019) auf weniger als 3% ab. *Abietinaepollenites microcelatus* (POTONIE) dagegen erreicht bis Probe 14 (4.417 - 4.419) höchstens 3,9%, steigt dann jedoch auf regelmäßig mehr als 10% an. Stellt man *D. sphaerotriangularis* und *A. microcelatus* einander gegenüber, so vollzieht sich der Wechsel im relativen Überwiegen einer der beiden Arten zwischen den Proben 20 und 18 (3.638 - 3.640), also innerhalb von etwa 14 m. Insgesamt gesehen vollzieht sich der Wechsel von *D. sphaerotriangularis* zu den *bisaccaten* Pollen im Bereich 19/20 innerhalb eines Meters des Profils“ (HILTMANN 1965 pag. 106).

Bemerkenswerterweise liegt dieser Horizont nur 30 cm über der erwähnten Grenze Serie I zur Serie II. Die lycopside Spore vom Typus *Densosporites* ist weder in Großbritannien noch in Frankreich aus Lias-Ablagerungen erwähnt worden. *Densosporites* ist vielmehr bisher nur aus dem Karbon bekannt gewesen. „Handelt es sich hierbei um eingeschwemmtes Material oder um Konvergenzerscheinungen, die im morphographischen System denselben Namen erhalten?“ (HILTMANN op. cit. pag. 108). Von der Beantwortung dieser Frage hängt es ab, ob wir hier eine *fazielle* oder eine *biostratigraphische* Grenze annehmen müssen. HAGEMANN (1967) hat durch verbesserte Aufbereitungsmethoden die Anzahl karbonischer Sporenarten wesentlich erweitern können und vertritt dementsprechend eine *Umlagerung* dieses Materials.

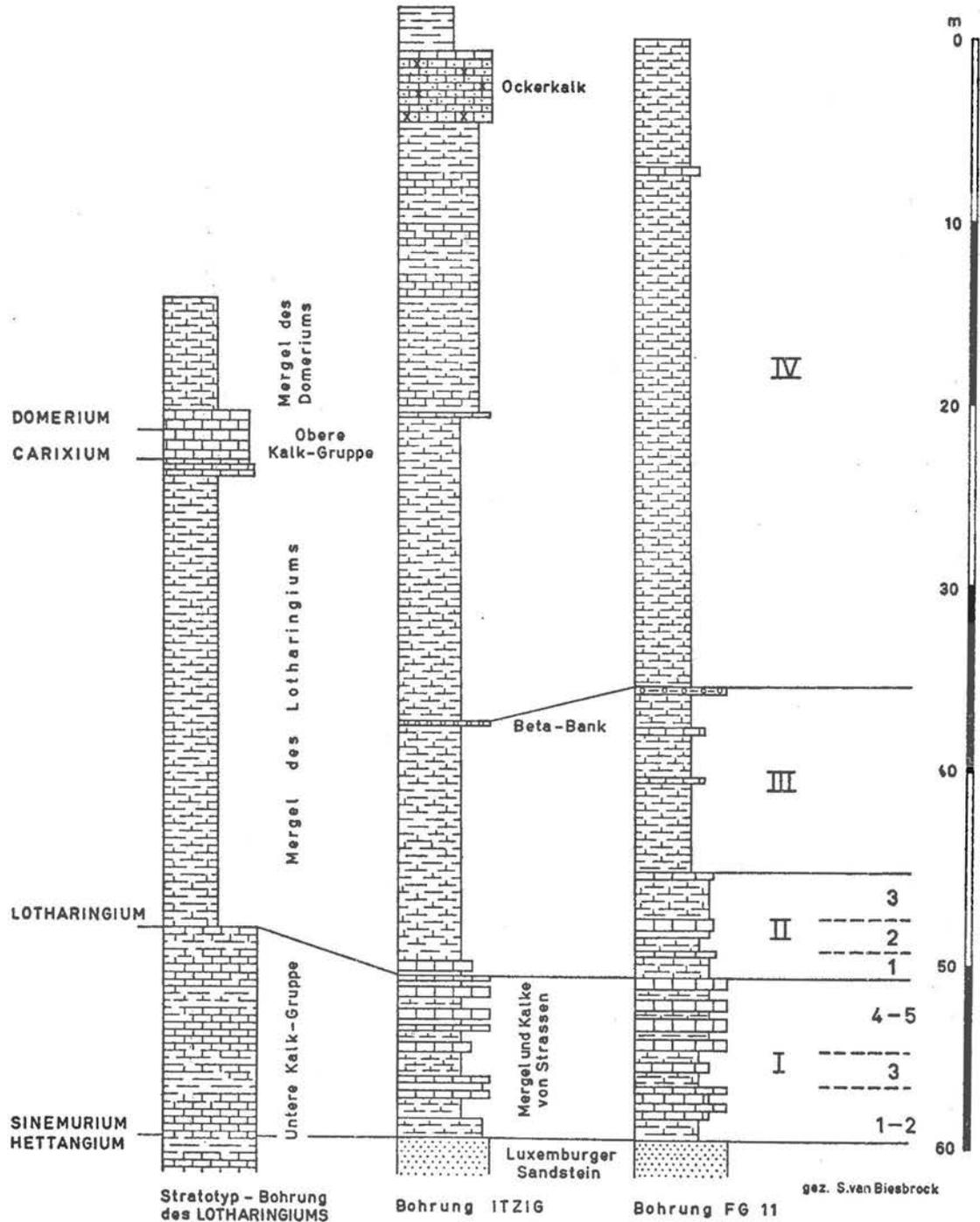
Die Ammonitenfauna stellt die Serie II eindeutig in die *obtusum*-Zone und gemäß der Schichtenfolge der Bohrung, an die Basis des Lotharingien. Mit der bisher gebräuchlichen Bezeichnung „Fossilarme Tone“ für die unteren Ablagerungen des Lotharingien lassen sich weder die reichen, vertikal weit verbreiteten Ammonitenfunde noch die lithologische Ausbildung von Ton-Mergel-Rhythmen vereinbaren. Wir nennen diese Folge „*lotharingische Übergangsschichten*“. Sie vermitteln zwischen den karbonatreichen Schichten im Liegenden und den karbonatarmen Tonen im Hangenden. Zur weiteren Untersuchung trägt die Serie die Bezeichnung „Lotharingien II“.

Die Serie III zeigt in ihrem unteren Teil noch eine *obtusum*-Fauna. Die stratigraphische Stellung der abschließenden Kalksandsteinbank verdient näher erläutert zu werden. Diese ausgeprägte positive Phase innerhalb der monotonen Mergelserien könnte entweder unter starker Reduktion der Mächtigkeit des Lotharingien als Ockerkalk, sonst aber als die in der einheimischen Literatur weniger bekannte Betakalkbank gedeutet werden. Schicken wir voraus, daß HILTMANN (1965) keine Veränderung der Sporenführung in den liegenden und in den hangenden Tonen feststellen konnte. Das Auftreten von lotharingischen Formen bei 2.850 und 885 schließt die Deutung als Ockerkalk aus. Der Befund der Bohrung Itzig hat den Schichtenverband eindeutig geklärt. Sie durchteufte den Ockerkalk und begegnete der Betakalkbank unter einer Tonserie mit *Bifericeras spec.* Mit der Beta-Kalkbank vermittelte sie zu der bekannten Schichtenfolge der Bohrung FG 11 — siehe Abbildung 5 —.

Eine eingehende Beschreibung der Beta-Kalkbank findet sich u.a. bei SÖLL (1957 pag. 373) für die Vorkommen in Mittel-Württemberg: „Mit der Beta-Kalkbank schließt der untere Lias beta ab. Sowohl in petrographischer als auch besonders in paläontologischer Hinsicht bildet diese Bank eine ausgezeichnete Grenze zum mittleren Lias beta“. Der untere Lias beta umfaßt die *turneri*- und *obtusum*-Zone, der mittlere Lias beta die *oxynotum*-Zone. Mit der *obtusum*-Fauna im Liegenden und *Bifericeras spec.* im Hangenden nimmt die *Beta-Kalkbank* in Luxemburg eine ähnliche stratigraphische Stellung ein. Die lithologische Serie III schließt das untere Lotharingien ab. Sie werden als „*Untere Mergel*“ unter der Bezeichnung „Lotharingien III“ geführt.

Ein Vergleich mit der Schichtenfolge der Bohrung Itzig zeigt, daß die Serie IV zwischen der Beta-Kalkbank und dem Ockerkalk liegen muß. Die Fossilführung läßt vermuten, daß hier die *oxynotum*-Zone vorliegt. Da der Ockerkalk, der sich in der Bohrung FG 11 wahrscheinlich mit dem höheren Karbonatanteil der Bank 715 ankündigt, mit seinem unteren Anteil noch in die *rivicostatium*-Zone gehört und somit lotharingisches Alter besitzt, ist die Bezeichnung «Lotharingien IV» für die «Oberen Mergel» jedenfalls gerechtfertigt. Demnach müßte *X. dudres-*

# Der Untere Lias im Untersuchungsgebiet und seine Korrelation nach Lothringen



*sieri*, entsprechend der Angabe von VAN WERVEKE (1901), in Lothringen und Luxemburg später auftreten als in Nordwest-Deutschland.

Abbildung 5 stellt die Bohrung FG 11, Itzig und Laneuville (Nancy) gegenüber. Letzere wurde zur Stratotyprevision des Lotharingen abgeteuft. Ihr Bohrgut wird von einer Arbeitsgemeinschaft ausgewertet. Die stratigraphischen Bezeichnungen und die Mächtigkeitsangaben in Abbildung 5 entstammen einem Beitrag zum Colloque du Jurassique (DONZE u. a. 1964). Die *planicosta*-Subzone ist über 19 m der Bohrstrecke gut belegt. Das Vorkommen der *oxynotum*-Zone wird an Hand von Mikrofossilien vermutet. Aber weder die lotharingischen Übergangsschichten noch die Beta-Kalkbank scheinen ausgebildet zu sein. SAUPÉ (1965 p. 303) spricht im Gegenteil von einem eintönigen geochemischen Profil der lotharingischen Mergel.

Ein Mächtigkeitsvergleich zwischen den drei Bohrungen läßt für das Sinémurien s. str. keine wesentlichen Unterschiede erkennen. Das Lotharingen dagegen ist in Luxemburg stärker entwickelt. Insbesondere liefert die Bohrung FG 11 ein differenziertes und mächtiges Profil.

## TEIL II Analyse

### 2. Die feinstratigraphische Untersuchung.

#### 2.1. Die gerichtete Materialuntersuchung.

##### 2.1.1. Die Zielsetzung.

Die Untersuchungen in Teil I erlauben eine stratigraphische Gliederung, wie sie bislang in ihrer Differenzierung für das Sinémurien s. I. nicht durchgeführt werden konnte. Diese Ablagerungen stehen nämlich unter natürlichen Bedingungen nie in einer solchen geschlossenen Mächtigkeit an und schließen somit die zu einer Einteilung erforderlichen Beobachtungen aus. Andererseits sind die Grenzen einer stratigraphischen Untersuchung am Bohrgut besonders durch die Befunde, die einer Bestätigung bedürfen, deutlich geworden. Hier ist es nicht möglich, seitlich nach den besser erhaltenen Fossilien zu klopfen. Die Beobachtung der Ausbildung von Schichtung und Schichtflächen und die sich hieraus ergebenden sedimentologischen Rückschlüsse sind stark eingeschränkt. Die Einengung der Untersuchungen auf den kleinen Bohrquerschnitt bedingt den zum Teil arbeitshypothetischen Wert der vorliegenden Gliederung.

Eine weitere Untersuchung könnte, entsprechend der geringen verfügbaren Materialmenge, die zeitliche Gliederung durch Mikrofossilien anstreben. Nun haben wir bei der Bearbeitung der Ammonitenfauna erfahren, daß deren Vorkommen offenbar faziell bedingt ist. Es ist zu erwarten, daß auch die Mikrofauna faziesabhängig ist. Außer der Erfassung des Fossilinhaltes wird es deshalb vor allem notwendig sein, auch die Sedimente anzusprechen: *«Verhalten sich nicht Sediment und Fossil wie die beiden Seiten einer Gleichung. Man kann keinen Faktor auf der einen Seite verändern, ohne die Gleichung zu stören»* (KUHNSCHNYDER 1964 pp. 407/408). Es liegt deshalb nahe, einen zweiten Weg zu wählen, der die Organismenreste, die Lithologie und die Sedimentstrukturen als voneinander abhängige Komponenten eines dynamischen Ablagerungsmilieus betrachtet. Obschon diese Methode an sich ökologisch und faziell ausgerichtet ist, vermag sie zudem die biostratigraphische Auswertung der Mikrofaunen zu differenzieren.

Die einheitliche Problemstellung muß methodisch unterschiedlich angegangen werden, je nachdem ob paläontologische, sedimentologische oder geochemische Untersuchungen durchgeführt werden. Die Dünnschliffbetrachtung vereinigt bis zu einem bestimmten Grade für karbonatreiche Gesteine die gegenseitigen Beziehungen jener Faktoren, deren tabellarische Darstellung für alle Gesteinstypen angestrebt wird. Die verwendeten Methoden sind im wesentlichen nicht neu. Auch ihre Zusammenstellung, die ein möglichst umfassendes Bild der Sedimentation ergeben soll, wurde seit der Arbeit von MANGIN u. a. (1961) mannigfaltig erprobt. PEL (1965) hat eine vergleichbare Methode erfolgreich im Mitteldevon von Belgien angewandt.

Numerische oder andere empirische Beziehungen zwischen Ökologie, Lithologie und Geochemie vermögen Entwicklungstendenzen der Serien aufzuzeichnen und erlauben ihre

Korrelation innerhalb begrenzter Räume. «Of course we try to transform our observations into hypothesis, but while observations must be good enough to last, hypothesis have only heuristic value» (KREJCI-GRAF 1964).

## 2.12. Die Materialentnahme und der Untersuchungsgang.

Die Probeentnahme erfolgt bei jedem lithologischen Wechsel und bei gleichbleibender Gesteinsausbildung jede 50 cm, entsprechend der Bankmächtigkeit im Regelfall über 10 cm der Bohrstrecke. Die Probe wird durch die cm-Angabe ab Bohrbeginn bezeichnet, so befindet sich z.B. die Probe 5.200 zwischen 5 200 cm und 5.210 cm unterhalb des Bohransatzpunktes.

Die gegebenenfalls vorher im Backenbrecher zertrümmerte Probe besteht etwa aus 700 gr. Sediment. Dieses wird bei 60° C wenigstens 36 Stunden im Trockenschrank getrocknet und anschließend in vier ungleich große Teile zerlegt:

1. zur mikropaläontologischen Auslese werden 100 gr mit einer scheinbaren Korngröße zwischen 5 cm - 1 cm aufbereitet,
2. zur sedimentologischen Untersuchung werden je nach Karbonatanteil 40 gr bis 100 gr Sediment mit einer scheinbaren Korngröße unterhalb von 1 mm benötigt. Diese Angabe paßt sich der effektiven Korngröße an.
3. die geochemischen Bestimmungen erfolgen an einem Sedimentanteil mit einer scheinbaren Korngröße kleiner als 0,50 mm,
  - zur Bitumenbestimmung werden 50 gr Sediment gebraucht,
  - die titrimetrische Ca- und Mg-Bestimmung sowie
  - die Phosphorbestimmung beanspruchen nur wenige gr-Beträge.
4. Der Restbetrag schwankt zwischen 200 - 300 gr. weshalb die einzelnen Arbeitsgänge sorgfältigst durchgeführt werden müssen. Eine Wiederholung der Bestimmungen ist für viele Proben ausgeschlossen.

Parallel hierzu werden für karbonatreiche Gesteine vom Ausgangsmaterial auch Dünnschliffe angefertigt.

Die Aussagemöglichkeit dieser Methode wurde von KRAMP (1965) und FEUTH (1965) in den *planorbe*-Schichten erprobt und abgegrenzt.

In der Bohrung FG 11 wurden insgesamt 167 Proben entnommen, hiervon sind 157 zu analytischen Zwecken aufbereitet worden, d. h. größenordnungsmäßig wurden 157 x 10 cm = 1.570 cm oder 25% der Bohrstrecke Untersuchungszwecken zugeführt. Die Bestimmung des in HCl unlöslichen Rückstandes erstreckte sich auf die Gesamtheit der Proben. Sie trug nicht nur zur lithologischen Gliederung in Teil I bei, sondern entschied auch über die weiteren gezielten sedimentologischen und geochemischen Untersuchungen, die sich etwa auf je 70 Proben beziehen. Die Zahl der ausgelesenen Mikroproben beträgt 60. Eine mikroskopische Untersuchung konnte nur an 15 Dünnschliffen erfolgen.

## 2.2. Die Kennwerte der Untersuchung, Verfahren und genetische Aussage.

### 2.21. Die sedimentologischen Untersuchungen.

#### 2.21.1. Die Sedimentanalyse.

Die sedimentologischen Untersuchungen bezwecken, in mehreren aufeinanderfolgenden Arbeitsgängen den Karbonatanteil sowie die Korngrößenverteilung der Klastika durch ein kombiniertes Sedimentations- und Siebverfahren zu ermitteln. Die Methode ist durch die Zusammensetzung der Gesteine — Silt-Pelitgemische mit unterschiedlichem Karbonatanteil — bedingt und wird nacheinander folgendermaßen beschrieben:

- a) der HCl-unlösliche Rückstand,
- b) die Sedimentationsanalyse,
- c) die Siebanalyse.

ad a) der HCl-unlösliche Rückstand:

Ziel der Behandlung mit Salzsäure ist, möglichst schnell und genau den Karbonatanteil der Gesteine zu bestimmen, sowie das Material zur granulometrischen Analyse aufzubereiten.

Der Karbonatanteil ergibt sich aus dem Unterschied des Trockengewichts der Sedimente in Waage zu dem entsprechenden Rückstande nach HCl Einwirkung. Da dieser Rückstand zur Korngrößenbestimmung wenigstens 30 gr betragen soll — vergleiche G. MUELLER (1964 pag. 70) muß man verschiedene Mengen in HCl in Lösung bringen. Um diese Mengen im voraus zu bestimmen, geht der eigentlichen Karbonatbestimmung eine größenordnungsmäßige Analyse im SCHEIBLER-Gerät voraus.

Der Angriff des mit Wasser bedeckten Sediments erfolgt in 1 - 5 Liter-Bechergläser mit stark verdünnter Salzsäure, dies, um der Zersetzung der Tonminerale möglichst vorzubeugen. Hat die CO<sub>2</sub>-Entwicklung aufgehört, und das Sediment sich abgesetzt, so wird das überstehende Wassergemisch abgehebert. Der Rückstand wird solange mit warmem destilliertem Wasser ausgewaschen, bis durch Silbernitrat-Lösung keine Cl-Ionen mehr nachweisbar sind. Dies tritt ungefähr nach zehnmaliger Waschung ein. Es hat sich jedoch als vorteilhaft und zulässig erwiesen, die Waschung kurz vor Aufhören der Säurereaktion einzustellen. Manche Korn suspensionen pflügen sich in neutraler Lösung nämlich erst nach Wochen abzusetzen.

Nur die gleichzeitige Behandlung von ungefähr 20 Proben vermag die zeitaufwändigen Arbeitsgänge zu rationalisieren.

ad b) die Sedimentationsanalyse:

Der in HCl unlösliche Rückstand setzt sich in der Regel überwiegend aus Ton zusammen. Die Siebanalyse würde also nur den kleinsten Bereich der Korngrößenverteilung erfassen, zudem würde beim Naßsieben der Ton die Siebe zusetzen. Aus diesen Gründen wird die Korngrößenverteilung der Fraktion kleiner als 10 Mikron durch eine Sedimentationsanalyse getrennt bestimmt. Die für eine Teilprobe gewonnene Verteilung wird auf den Anteil HCl unlöslicher Rückstand abzüglich Sandfraktion übertragen.

Dieser Arbeitsgang geht nach RUCHIN (1958 pag. 434) folgendermaßen vor sich: Der HCl unlösliche Rückstand wird in 1 Liter Wasser verrührt, eine Stunde lang gekocht und anschließend noch etwa eine Viertelstunde mit einem Rührwerk umgewirbelt. Dann wird die Suspension, deren Temperatur jetzt bei 20°C liegen muß teilweise in ein weites Becherglas bis zur Höhe von 5,8 cm eingefüllt.

Mit Hilfe einer Pipette, deren Ende auf 4 cm über dem Gefäßboden eingestellt ist, hebert man nach Ablauf von 100 s die obere Flüssigkeitsschicht von 1,8 cm ab, die zu diesem Zeitpunkt theoretisch nur noch Material mit

einer Korngröße kleiner als 10 Mikron enthält. Diese Suspension wird in Porzellanschalen gesammelt. Der Vorgang wird sooft wiederholt, zunächst mit der übriggebliebenen Ausgangssuspension, später mit destilliertem Wasser, bis die entnommene Suspension etwa 5 gr Festsubstanz enthält. Nach der Trocknung bei 60° C wird die Feinfraktion in der Sedimentationswaage analysiert.

### Die Sedimentationswaage der Firma Sartorius.

Dieses Gerät registriert auf einer Waagschale die Gewichtszunahme pro 2 mg des aus einer Suspension sich absetzenden Sediments. Auf einem in einer bestimmten Zeiteinheit weiterrückenden Papierstreifen wird die entsprechende stufenförmige Kurve aufgezeichnet. Der Arbeitsbereich erfaßt in leichter Überschneidung mit der Siebkurve die Körnung von 1-60 Mikron.

### Das Füllgewicht.

Die Breite des Schreibstreifens läßt nur eine Aufzeichnung und damit eine nutzbare Belastbarkeit des Waagebalkens von 500 mg unter Berücksichtigung des Auftriebes zu.

$$\text{Nach der Formel: } E = \frac{\gamma_k \cdot 500 \text{ mg}}{\gamma_k - \gamma_f}$$

wird diese Belastung durch eine Einwaage von 800 mg hervorgerufen.

In dieser Formel bedeuten:

E das Einfüllgewicht,

$\gamma_k$  das spezifische Gewicht der Körnung mit 2,65 g. cm<sup>-3</sup>

$\gamma_f$  das spezifische Gewicht der Flüssigkeit, im Versuch Wasser.

Der Arbeitsvorgang erfolgte gemäß Anleitung der Firma Sartorius. Als Peptisator wurde Tetranatriumpyrophosphat Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> · 10 H<sub>2</sub>O, gebraucht und zwar 800 mg auf 1.000 cm<sup>3</sup> dest. Wasser. Die konstante Temperatur beträgt 30°C. Um bei dem sehr feinkörnigen Material eine auswertbare Kurve zu erhalten, wurde ein Papieranschub von 600 mm/h gewählt. Nach zwei Stunden wird der Versuch in der Regel abgeschaltet.

### Das Auswerten der Kurve.

Nach dem STOKESchen Gesetz läßt sich für kugelige Gebilde die Korngröße in Abhängigkeit von der Fallzeit bestimmen. Für würfelförmige Teilchen mit der Kantenlänge x (Mikron) und dem gleichen Volumen wie kugelige Teilchen mit dem Radius r läßt sich die Gleichung folgendermaßen umwandeln:

$$x = 141 \sqrt{\frac{\eta \cdot h}{\gamma_k - \gamma_f}} \cdot \sqrt{\frac{1}{t}}$$

Hierbei sind:  $\eta$  = die Viskosität der Flüssigkeit,

= 0,0081 g.s.cm<sup>-2</sup> für Wasser bei 30°C

h = die Fallhöhe der Teilchen in cm, hier 20 cm

t = die Fallzeit in min.

Hieraus lassen sich nun die Kantenlängen (x) der jeweils kleinsten, bis zu einem bestimmten Zeitpunkt nach t Minuten aussedimentierten Körner errechnen. Die Auswertung geschieht zu folgenden Zeiten:

t (min)	1,25	2,5	5	10	15	20	30	40	50	55	60	65
Kante	39,5	28,0	19,8	14,0	11,4	10,0	8,0	7,0	6,2	6,0	5,7	5,5

(Mikron)

Bei diesen Zeitmarken werden an die Kurve Tangenten angelegt, die die Ordinate, welche durch den Nullpunkt des Versuches geht, schneiden. Der Abstand auf der Ordinate zwischen den jeweiligen Schnittpunkten und dem Beginnpunkt gibt den Mengenanteil des bis zu diesem Zeitpunkt aussedimentierten Kornanteils an. Geht man von der Tatsache aus, daß die Einwaage mit genügender Genauigkeit erfolgt, und berücksichtigt man, daß nur 92% auf die Waagschale gelangen können, so stellt dieser Wert das im günstigsten Fall erreichbare Endgewicht dar. Wird

das theoretisch erreichbare Endgewicht gleich 100 gesetzt, so ergibt die ermittelte Kornverteilungskurve nicht nur die prozentualen Anteile der aussedimentierten Kornfraktionen bezogen auf die Gesamtheit des Kornhaufwerkes an, sondern sie macht auch eine Aussage darüber, wieviel Prozent desselben kleiner als diejenige Korngröße ist, die bei Abbruch des Versuches gerade vollständig aussedimentiert war.

#### ad c) die Siebanalyse.

Setzt man das Auswaschen des in HCl unlöslichen Rückstandes wie unter b) geschildert fort, indem man nach jeweiligem Auffüllen mit destilliertem Wasser bis zur Höhe von 5,8 cm, die Wasserschicht nach 100 s auf 4 cm abhebert, bis die obere Wasserschicht nach 100 s völlig klar bleibt, so ist die Tonfraktion ausgeschlämmt. Im Gefäß befinden sich jetzt nur die Körner größer als 10 Mikron.

Da dieser Arbeitsgang einen unvermeidbaren Zeitaufwand verlangt, wird nach der Entnahme der Tonteilprobe das Auswaschen in dem kontinuierlichen Schlämmapparat Typ SPKA der Firma FISCHER fortgesetzt. Hier wird die Trübe bei konstantem Wasserdruck durchströmt. Das Ausschlämmen der Feinfraktion ist beendet, wenn der zylindrische Teil des Fischergerätes völlig klar erscheint. Das eingesammelte Material wird nach Trocknung zurückgewogen. Die Differenz zur Einwaage ergibt die Gewichtsmenge der Teilchen unter 10 Mikron Größe.

Die grobe Fraktion wird anschließend maschinell, dann kurz von Hand gesiebt. Hierbei werden die nach DIN 4188 vorgeschriebenen Siebe mit den Maschenweiten 0,63 m, 0,25 m, 0,063 m, und 0,04 mm benutzt. Die einzelnen Fraktionen werden auf Güte der Trennung, Materialzusammensetzung sowie auf sedimentologische Eigenschaften unter dem Binokular untersucht und dann aufbewahrt.

Die theoretisch mögliche Trennung zu zwei Fraktionen größer und kleiner als 10 Mikron wird praktisch nicht erreicht: Beim Abhebern werden größere Körner mitgerissen, ebenso heften sich kleinere an größere an und sedimentieren ab, um somit bei der gröberen Fraktion zu verbleiben. Ein Absieben bis zu 40 Mikron mit einem verbleibenden Siebrückstand von 40-10 Mikron, sowie das Errechnen des Schlämmerkornes ab 60 Mikron, ergibt ein günstiges Überschneiden der beiden Methoden, welches sich der möglichen Korngrößenverteilung sehr gut annähert.

### 2. 21. 2. Die Darstellung der granulometrischen Analyse.

Die graphische Darstellung der kombinierten Sieb-Sedimentationsanalyse erfolgt als Summenkurve auf dem bilogarithmischen RRS-Papier. Hier werden die Parameter der PASSEGA-Diagramme — siehe 2. 21. 3. — abgegriffen. Diese sind:

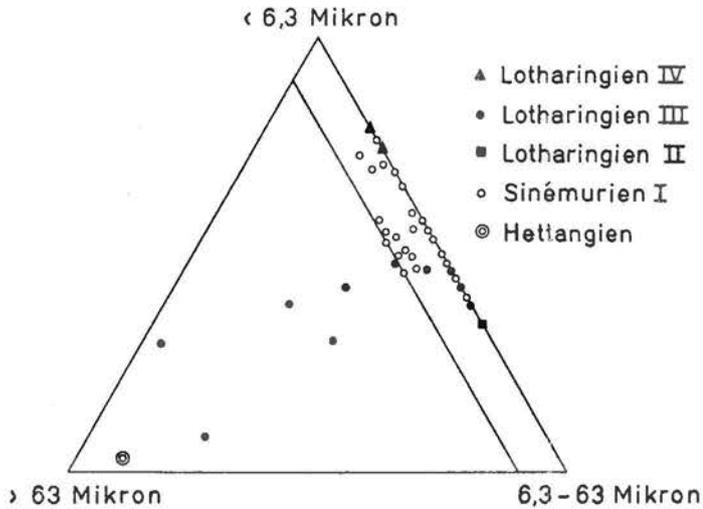
- das Einprozentil, welches diejenige Korngröße angibt, zu der sich 99% des Gemisches kleiner verhalten;
- der Median-Wert, oder die durchschnittliche Korngröße.

An der Kornsummenkurve werden des weiteren in folgenden Abgrenzungen die Prozentanteile entnommen für:

- Sand: 2.000 - 63 Mikron,
- Grob-Silt: 63 - 20 Mikron,
- Mittel-Silt: 20 - 6,3 Mikron,
- Fein-Silt plus Ton: kleiner als 6,3 Mikron.

Eine Histogramm-Darstellung — siehe Tafelserie 5 — veranschaulicht ihre Verteilung in den Serien.

Die lithologische Zusammensetzung nach Feinsilt plus Ton, Mittel- und Grobsilt sowie Sand ist dem Konzentrationsdreieck in Abb. 6 zu entnehmen. Zur genauen Sedimentbezeich-



Die sedimentologische Zusammensetzung  
der klastischen Rückstände in der Bohrung FG 11

Abb. 6: Die sedimentologische Zusammensetzung der klastischen Rückstände in der Bohrung FG 11

nung ist zu beachten, daß aus arbeitstechnischen Gründen als Parameter der Feinstfraktion die Anteile Feinsilt plus Ton gewählt wurden. Zum anderen wäre in den meisten Fällen außerdem der Karbonatanteil noch zu berücksichtigen.

### 2. 21. 3. Die PASSEGA-Diagramme.

An Hand von aktuogeologischen Beobachtungen und von zahlreichen Korngrößenuntersuchungen fossiler Sedimente zeigt PASSEGA (1964), daß zwischen Sedimentparameter und Transportart sehr bestimmte Beziehungen bestehen. Zwei Kennwerte der Korngrößenverteilung: C, der Wert für den Ein-Prozent-Rückstand der Körnungskurve, und M, der mittlere Korndurchmesser, charakterisieren die Ablagerungsbedingungen im C=M-Diagramm, wo C als Ordinatenwert und M als Abzissenwert logarithmisch aufgetragen sind — siehe Abb. 7a.

PASSEGA unterscheidet zweierlei Arten des Transportes in Wasser, einmal als Turbidite, zum andern als traktive Strömungen.

Turbidite fließen im allgemeinen während einer begrenzten Zeit mit großer Geschwindigkeit. Das Material wird fast ausschließlich in Suspension transportiert. Diagramme von Turbiditen stellen eine unter 45° geneigte Gerade dar, d.h. sie verläuft parallel zur C=M-Linie.

Zu den traktiven Strömungen gehören bodennahe Fluß- und Meeresströmungen. Sie können ihr Material sowohl in Suspension als auch am Boden rollend bewegen. Innerhalb einer traktiven Strömung lassen sich mehrere, generell mit der Höhe über dem Grund wechselnde Transportbereiche unterscheiden. Sie bilden sich im C=M-Diagramm als liegendes S ab, bei dem die einzelnen Bereiche gut gegeneinander abzugrenzen sind.

In bodennahen Bereichen bewegt sich das Material als gradierete Suspension. Ihre mittlere Korngröße nimmt mit wachsender Meerestiefe ab. Der Wert Cs für C im Punkte Q

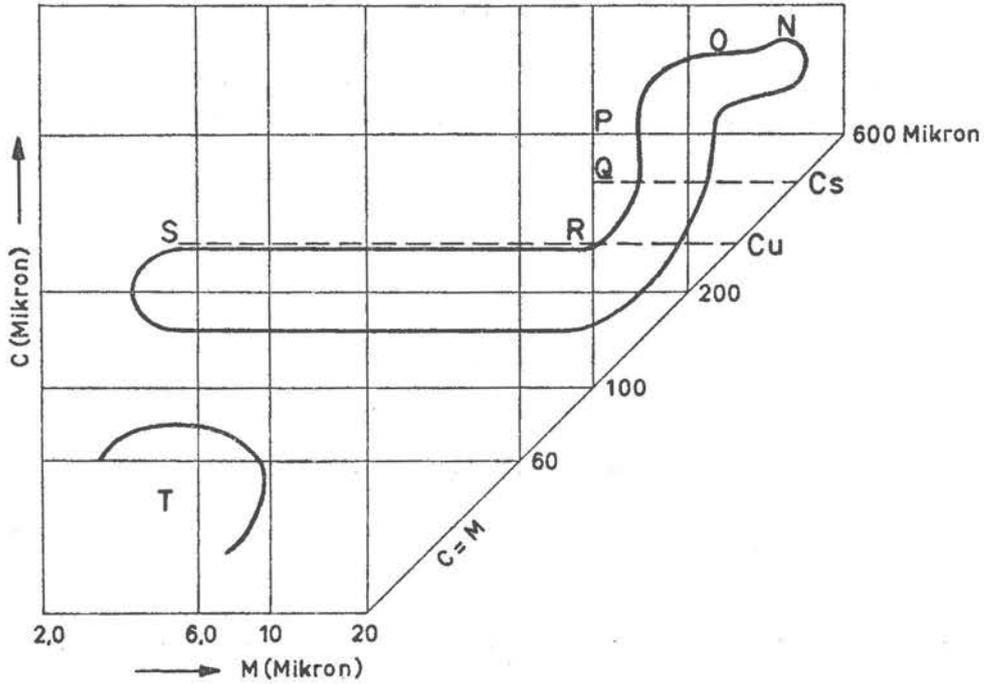


Abb. 7a: C=M-Diagramm einer traktiven Strömung.

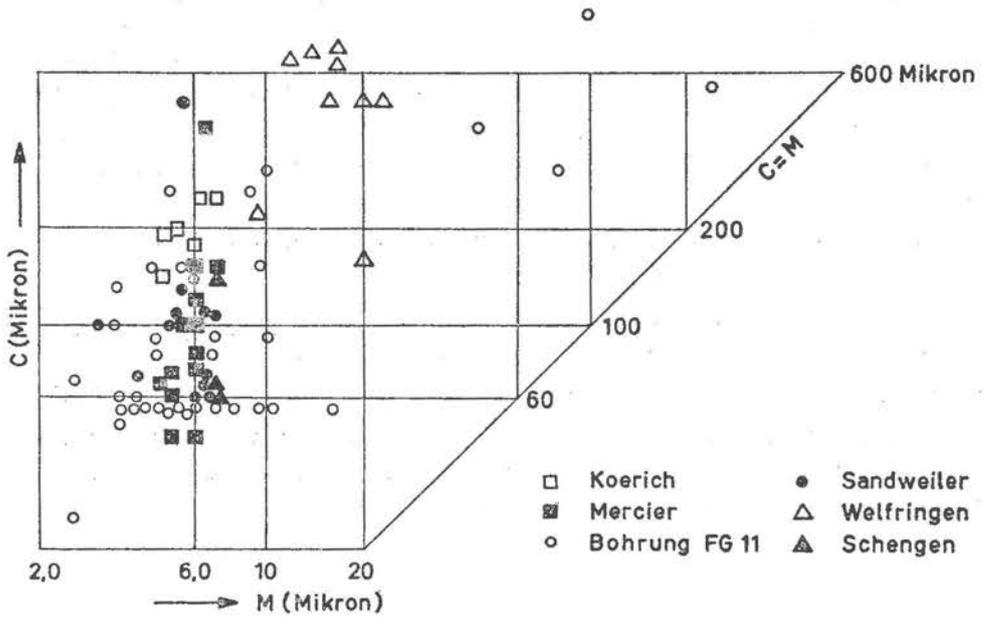


Abb. 7b: C=M-Diagramm des Unteren Lias.

entspricht der maximalen Korngröße, die noch innerhalb der gradierten Suspension transportiert werden kann. Der Wert  $C_u$  für C im Punkte R bezeichnet die kleinste Korngröße der gradierten Suspension. Sie entspricht gleichzeitig der maximalen Korngröße der überlagernden uniformen Suspension. Die in gradierten Suspension transportierten Sedimente erscheinen als Punkte im QR-Feld. Dieses Feld ähnelt in seinem Verlauf parallel zur C=M-Gerade dem Bereich der Turbidite. Da C angenähert gleich M ist, ist die Sortierung hier sehr gut. Oberhalb von Cs können mit zunehmender Strömung schon geringe Mengen an Material rollend bewegt werden, wodurch der Wert für C beeinflusst wird, während M konstant bleibt; das Feld liegt parallel zur Ordinate. Mit zunehmendem Anteil an rollenden Material bildet sich PQ ab, bis NO ausschließlich rollend transportiertes Material enthält, wie etwa die Geröllbänke einzelner Flüsse oder bestimmter Küstenstreifen.

Das RS-Feld gibt eine *uniforme* Suspension wieder. Diese Ablagerungen bestehen aus einem Gemisch von einem sehr feinkörnigen und bestsortierten Sande sowie aus einem Lutit- (< 31 Mikron)-Anteil. Bei einsetzender Sedimentation setzt sich zuerst der gut sortierte Sand ab. Die Werte für M nehmen ab, während der Wert für C, der des gut sortierten Sandes, ungefähr gleichbleibt. Im C=M-Diagramm verläuft der Bereich der uniformen Suspension parallel zur M-Achse.

Die Sedimente im T-Bereich werden als pelagische Suspensionen schwebend transportiert. Sie sind dank ihrer Korngröße, kleiner als 31 Mikron, leicht in Suspension zu halten und vermögen als «Lutitschleier» weite Strecken zurückzulegen.

Gradierte, uniforme und pelagische Suspensionen können auch weitgehend unabhängig voneinander auftreten.

## 2.22. Die geochemischen Untersuchungen.

### 2.22.1. Die komplexometrische Titration von Ca und Mg.

Die Analyse.

Die Bestimmung des Ca und Mg erfolgte mit der als AeDTE bezeichneten, organischen Lösung, die einen ausgezeichneten Komplexbildner darstellt.

Zur quantitativen Bestimmung von Ca und Mg sind zwei Titrations erforderlich!

- Bestimmung von Ca + Mg mit Eriochromschwarz T als Indikator,
- Bestimmung von Ca mit Murexid.

Aus der Differenz ergibt sich der Wert für Mg.

Reagenzien und Arbeitsvorschriften bei einer Sedimenteinwaage von 0,5 gr sind ausführlich bei G. MUELLER (1964 pag. 185-193) angegeben.

Die Darstellung und Deutung.

Die Titrationswerte werden auf  $\text{CaCO}_3$  und  $\text{MgCO}_3$  umgerechnet. In den Profildarstellungen sind sie in Spalte 8 aufgeführt, und zwar sind die Prozentwerte für  $\text{CaCO}_3$  von links nach rechts, die für  $\text{MgCO}_3$  gegenläufig hierzu aufgetragen.

Die Umrechnung von Ca und Mg auf Karbonate ist nur für reine Karbonatgesteine gerechtfertigt, denn begleitende Tonminerale enthalten oft Ca als austauschbares Kation.

Dieses wird bei Säureeinwirkung gegen Wasserstoffionen ausgewechselt. Des weiteren kann durch die Säure ein Teil des Mg der Tonminerale in Lösung gehen. Dieser Einwand besteht sowohl für die titrimetrische als auch für die gewichtsanalytische Karbonatbestimmung. Abbildung 8, in der als Ordinatenwerte die titrimetrisch ermittelten  $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ -Anteile aufgetragen sind und als Abszissenwerte die entsprechenden HCl-löslichen Sedimentfraktionen, ermöglichen nur einen relativen Vergleich beider Methoden. Bei einem Ca/Mg-Verhältnis von 10 oder höher entsprechen sich unabhängig von dem Tonanteil die durch Titration oder Rückwaage gewonnenen Karbonatgehalte sehr gut bzw. mit einer Abweichung von  $\pm 10\%$ .

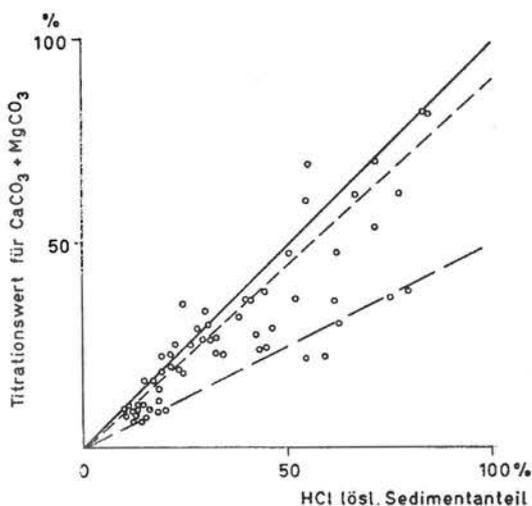


Abb. 8: Die Beziehungen zwischen dem titrierten Karbonatgehalt und dem HCl löslichen Sedimentanteil

Nur bei wenigen Proben übersteigt der titrierte Wert den gewichtsanalytischen. Es sind dies stark sandige Proben aus dem Luxemburger Sandstein oder aus der Beta-Bank.

Ein weites Feld von 10- bis über 100-prozentiger Abweichung zeigen Proben mit relativ steigendem oder vorherrschendem Mg-Gehalt. Das Ca/Mg-Verhältnis nimmt minimale Werte von 0,4-0,3 an. Hier kann jedenfalls nicht nur karbonatische Bindung des Mg vorliegen, vielmehr sind bei der Säureeinwirkung, die das Weglösen der Karbonate beabsichtigte, auch Mg führende Tone in beträchtlichem Ausmaße angegriffen worden. Eine röntgenologische Untersuchung der Tonmineralverteilung, die in einem späteren Stadium geplant ist, wird voraussichtlich hierzu klärende Einblicke verschaffen können.

Der höhere Mg-Gehalt spiegelt spezifische Veränderungen der Umweltbedingungen wieder. Mg wird in der Regel von den Organismen im Gehäuse eingebaut. Mit FAIRBRIDGE (1964) versuchen wir also erhöhte Mg-Gehalte auf verstärkte biogene Tätigkeit zurückzuführen. Diese macht sich in erster Hinsicht in litoralen Bereichen bei ausgeglichenen Lebensbedingungen geltend.

#### 2.22.2. Die gewichtsanalytische Bestimmung von $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Die Phosphorbestimmung erfolgt quantitativ durch Fällung als Phosphorammoniummolybdat,  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4(\text{Mo}_3\text{O}_9)_4$ , in stark salpetersaurem Milieu. Da auf 12 Atome Mo nur 1 Atom P kommt, eignet sich diese Methode gut, um geringe Phosphorgehalte zu erfassen.

Die erforderlichen Reagenzlösungen und Arbeitsvorschriften bei einer Sedimenteinwaage von 2g sind bei GAUTHIER (1962 pp. 24-27) zu entnehmen. Der auf  $P_2O_5$  umgerechnete Phosphorgehalt ist in den Profilen in Spalte 7 dargestellt. Die stärkere Gliederung im Sinémurien I, bei geringeren Phosphorgehalten, wird durch einen größeren Maßstab hervorgehoben. Der Phosphorgehalt des Lotharingen II, III und IV ist in einem gemeinsamen kleineren Maßstab wiedergegeben.

BUSHINSKI (1964 pp. 62-70) glaubt, daß der Phosphor hauptsächlich organischen Ursprunges sei und dem Meer durch Flüsse zugeführt werde. In küstennahen Gebieten wird er überwiegend vom Planktonschleier assimiliert und gelangt beim Absterben der Tiere ins Sediment.

Nach SLANSKY (1964 p. 50) sind die vom Kontinent zugeführten Phosphormengen jedoch zu gering, um sich in den Fällungsprodukten geltend zu machen. Vielmehr müßte der Phosphor erst in tieferen Meeresregionen gespeichert werden. Als Folge der hier herrschenden  $CO_2$ -Gehalte sind gesteigerte Phosphorkonzentrationen möglich. Aszendente Strömungen, die sowohl reich an  $Ca(HCO_3)_2$  als auch an Phosphaten sind, fällen in geringeren Meerestiefen durch Übersättigung an  $CO_2$  erst Karbonate und anschließend Phosphate aus. Das detritische Material, welches gemeinsam mit dem Phosphor in der Serie auftritt, führt SLANSKY (op. cit. pag. 53) auf den stärkeren Wellengang zurück, welcher durch die Zufuhr der P-haltigen Wässer verursacht wird, und eine flächenhaft ausgedehntere Verteilung des detritischen Materials hervorruft.

Die Phosphorausfällung erfolgt in einem schwach oxydierendem Milieu, welches am Boden noch ein leicht positives Eh besitzt. Unter der Oberfläche herrschen bei einem bodennahen Sulfuretum reduzierende Bedingungen (KREJCI-GRAF 1964).

### 2.22.3 Die Extraktion der Bitumina.

Wir bezeichnen als Bitumina die durch ein heißes Gemisch von 50 ml Äthanol und 50 ml Benzol aus dem Sediment durch das SOXHLET-Verfahren ausgewaschene Stoffe.

Das SOXHLET-Gerät besteht aus einem Kolben zur Aufnahme der Extraktionsflüssigkeit und der Extrakte, aus einem Extraktor, in dem die Extraktionshülle mit der 50 gr Sedimenteinwaage eingesetzt wird, und aus einem Rückflußkühler.

Auf einer elektrischen Heizplatte wird der Kolben mit der Extraktionsflüssigkeit erhitzt. Die Dämpfe steigen durch das Dampfleitungsrohr in den Kühler, kondensieren hier und tropfen auf den Sedimentinhalt der Hülse. Sobald der Flüssigkeitsspiegel die Höhe eines Heberrohres erreicht, wird sie durch dieses zum Inneren des Kolbens zurückgesaugt. Aus dem Kolben verdampft nur das Lösungsmittel, während die Bitumina sich hier allmählich anreichern. Das wiederholte Verdampfen, Kondensieren, Auswaschen und Rückfließen entbituminisiert die Sedimenteinwaage, und nach einem gewissen Zeitpunkt bleibt die Extraktionsflüssigkeit im Extraktor völlig klar. Die Dauer der vollständigen Extraktion ist unterschiedlich. Sie überschritt bei den behandelnden Proben nie die einheitliche Versuchsdauer von 6 Stunden.

In dem vorher gewogenen Kolben wird der Extrakt auf dem Wasserbad eingedampft. Die Kolben werden eine halbe Stunde im Exsikkator getrocknet, und durch die Rückwaage wird der Bitumengehalt ermittelt.

Der Bitumenanteil, ausgedrückt in Prozent, ist jeweils Spalte 9 der Profildarstellungen zu entnehmen.

BITTERLI (1963) gibt umfassende Betrachtungen zur Genese von bituminösen Gesteinsserien. Seine Ergebnisse fußen auf der Bitumenbestimmung von Proben, die das NW-Europäische Lias-Becken weitgehend decken. Zudem werden in demselben Umfange Vergleichsproben aus älteren und jüngeren stratigraphischen Einheiten untersucht.

Die Bitumenbestimmung BITTERLI's erstreckt sich jeweils über eine vollständige Gruppe und wird durch petrographische, geochemische, mikropaläontologische und palynologische

Daten ergänzt. Da sich dieselbe methodische Grundanordnung in der vorliegenden Arbeit wiederfindet, können wir BITTERLI'S Anschauungen kritisch auf die luxemburgischen Lias-Serien übertragen. Hier seien nur die Faktoren erwähnt, die teilweise unabhängig voneinander das Ansammeln organischer Substanz im Sediment bedingen: Bituminöse Gesteine entstehen fast ausschließlich unter Wasserbedeckung, wobei die organische Substanz unter anaeroben Bedingungen bzw. bei schneller Sedimentbedeckung erhalten bleibt. Der primäre Bitumenanteil des Gesteins wird folglich beeinflusst durch:

- Art und Menge des organischen Materials,
- Art und Ausmaß der Sedimentation,
- Umfang und Dauer der anaeroben Bedingungen.

### 2.23. Die mikropaläontologischen Untersuchungen.

Die mikropaläontologischen Untersuchungen sollen die Zusammensetzung der Foraminiferen- und Ostracodenfaunen in den einzelnen Proben qualitativ und quantitativ derart erfassen, daß ihre Auswertung stratigraphische und fazielle Aussagen ermöglicht.

#### 2.23.1. Aufbereitung und Auslese.

Es werden jeweils 100 gr von einem Haufwerk mit einer scheinbaren Korngröße zwischen 5 und 1 mm aufbereitet. Diese Sedimentmenge, bezogen auf den gleichbleibenden Bohrquerschnitt, ergibt die einheitliche Bezugsgröße zur späteren Auswertung.

Die Probenmengen werden in Porzellanschalen erst mit Wasser versetzt und nach 24 Stunden in einem Siebsatz 0,6 mm und 0,06 mm abgeschlämmt. Die Fraktion 0,6 mm - 0,06 mm wird zur Auslese aufgehoben. Die Fraktion größer als 0,6 mm wird weiter aufbereitet. Die gegenüber der konventionellen Verfahrenstechnik vorgezogene Wasserbehandlung ermöglicht für gewisse Sedimente die reichste Auslese. Sie bezweckt zudem eine fazielle Analyse der Teilfraktion, auf die Kapitel 2.23.4. eingeht.

Die weitere Aufbereitung geschieht in einem zweiten Arbeitsgang mit 15%iger  $H_2O_2$  und anschließend mit 30%iger  $H_2O_2$ . Manche kalkige Proben mußten wiederholt mit 30%iger  $H_2O_2$  oder mit Monochloressigsäure behandelt werden. Die Schlämmlung erfolgt jeweils nach 24stündiger Einwirkung. Die aufbereiteten Anteile werden getrennt aufbewahrt, ebenso der letzte Rückstand größer als 0,6 mm.

Alle Fraktionen größer als 0,06 mm werden vollständig ausgelesen und ausgezählt. Hierbei wurde das Stereomikroskop II der Firma Zeiss gebraucht und bei einer bis zu 40fachen Vergrößerung gearbeitet.

#### 2.23.2. Auswertung und Darstellung.

Die benthonischen Foraminiferen und Ostracoden leben an der Grenzfläche Wasser zu Sediment oder unmittelbar unter der Sedimentoberfläche. Als Vergleichseinheit der Populationen kann deshalb nach PHLEGER (1960 pag. 36) nur die Anzahl der Individuen pro Flächeneinheit dienen. Diese ist umso geeigneter da jede Flächeneinheit eine maximal mögliche Anzahl von Lebewesen trägt. Für rezente Sedimente ist es einfach, diese Bezugsgröße zu schaffen, indem man jeweils bei konstanter Oberfläche gleiche Volumenanteile von Naß-Sedimenten untersucht. Es ist einleuchtend, daß ein konstantes Trockengewicht von 100 gr bei fossilen Sedimenten je nach lithologischer Zusammensetzung und entsprechender diagenetischer Verdichtung sehr unterschiedlichen Volumenanteilen von Naß-Sedimenten entsprechen muß. In aktuellen Beispielen stellte PHLEGER (op. cit. pag. 36), je nach Auslese bei gleichem Naßvolumen oder bei gleichem Trockengewicht, bis zu 400% unterschiedliche Ergebnisse fest. Da

unsere Bezugsgröße von 100 gr je nach lithologischer Zusammensetzung für unterschiedliche Zeitabschnitte steht, kann sie nur sehr bedingt mit aktuellen Beispielen verglichen werden.

Die Auswertung wird außerdem durch den Grad der Aufbereitung eingeschränkt. Bei tonigen und mergeligen Gesteinen verbleiben nach der zweiten  $H_2O_2$ -Aufbereitung nur noch Toneisensteingeoden, Fossilreste, Großostracoden, Pyrit u.ä. übrig. Kalke dagegen lassen sich wesentlich schlechter aufbereiten. Das Auslesen der Fraktionen größer als 0,06 mm zeigt für Kalke nur spärlich Foraminiferen und Ostracoden. Die Häufigkeit nimmt auch in weiteren Aufbereitungsrückständen nicht zu. Die Mikrofaunenarmut für Kalke bestätigt sich für die Bohrung FG 11 auch im Dünnschliffbild. Parallelproben aus Tagesaufschlüssen dagegen zeigen bei mikroskopischer Betrachtung manchmal eine sehr reiche Ostracodenfauna, so daß die Mikrofossilarmut von Kalken keineswegs zu verallgemeinern ist und unter Umständen doch auf die Aufbereitungsmethoden zurückgeführt werden kann. Das Fehlen von Mikrofossilien in Tonen ist dagegen ein primäres Ablagerungsmerkmal.

Die absolute Anzahl der aus 100 gr aufbereitetem Material ausgelesenen Foraminiferen und Ostracoden bezeichnen wir als *Mikrofaunenzahl*\*. Man entnimmt sie den Profildarstellungen in Spalte 11. Die Anzahl der ausgelesenen Foraminiferen und Ostracoden wird nebeneinander, durch verschiedene Signaturen gekennzeichnet, angegeben. Dem Maßstabe entsprechend, kann diese Darstellung in Spalte 11 nur ab je 100 Foraminiferen oder 100 Ostracoden erfolgen. Da das Ostracodengehäuse schon bei geringem Transport auseinanderfällt, liegen in der Regel nur Einzelschalen vor. Diese werden ebenso wie die wenigen zweiklappig erhaltenen Gehäuse als ganze Ostracoden gezählt.

Aus dem äußerst umfangreichen mikropaläontologischen Material können alle Formen gattungsmäßig eingeordnet werden. Die zahlreichen neueren Arbeiten ermöglichen zudem für die meisten Formen die Artenbestimmung. Nichtdestoweniger erschöpft die Fossiliste nicht den Artenreichtum. Eine streng systematische Bearbeitung bleibt auch aus diesem Grunde vielversprechend. Sie konnte im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht mehr ausgeführt werden.

Die stratigraphische Verteilung der Formen geht aus Tafelreihe 6 hervor. Ihr Häufigkeitsanteil an der Gesamtf fauna wird hierbei nicht berücksichtigt, da manche seltenen Formen eine wichtige stratigraphische und fazielle Rolle spielen, die bei einer prozentualen Verteilung oftmals nicht zur Geltung käme.

Die ökologische und fazielle Verteilung kommt in den Profildarstellungen in Block 3 zum Ausdruck. Ab 100 Foraminiferen erfolgt in Spalte 10 die prozentuale Darstellung der Gattungen, die mit mehr als 10% an der Zusammensetzung der Foraminiferenfauna teilhaben. Entsprechend wird die Ostracodenfauna in Spalte 12 gekennzeichnet.

### 2. 23. 3. Die Deutung der Ergebnisse.

Da die Individuenzahl von rezenten Mikrofaunengemeinschaften sich nur unter Vorbehalt mit solchen fossiler Sedimente vergleichen läßt, wird man nach Kriterien suchen, die sich unmittelbar auf ältere Ablagerungen übertragen lassen, etwa das Verhältnis Foraminiferen- zu Ostracodenzahl, die gattungsmäßige Zusammensetzung der Faunen, der Häufigkeitswechsel

\* Sprachlich richtig: Mikrofaunazahl; die oben angegebene Abwandlung wurde der besseren Aussprache wegen gewählt.

oder das Ausfallen bestimmter Arten je nach Milieu, die Größe der Gehäuse u.ä. PHLEGER (1960 pag. 43) glaubt auf Grund dieser Merkmale für die Foraminiferen weitverbreitete Grenzen vertreten zu können bei Meerestiefen von etwa 20 m, 50 m, 100 m, 200-300 m, 400-500 m, 1000 m und 2000 m. Eine Grenze bei 7000 m Meerestiefe bleibt vorerst noch fragwürdig. Die am besten ausgeprägte Grenze ist jene bei 100 m, sie würde der Tiefe der jahreszeitlichen Durchmischung des Wassers an dieser Stelle entsprechen. Im Flachwasserbereich vermag PHLEGER charakteristische Faunenassoziationen zu kennzeichnen, die sich horizontal jedoch sehr schnell verwischen können. Korrelationen, die auf der Häufigkeit der Arten oder der Gehäusegrößen beruhen, müssen sich also nach PHLEGER (op. cit. pag. 265) auf ein Milieu beschränken, sie können nicht auf verschiedene Milieus ausgedehnt werden.

Die Ursachen, die zu solchen Faunengrenzen führen, sind zum Teil noch ungeklärt. Nach PHLEGER ist ein Einfluß von Temperatur und Salinität wahrscheinlich überstark bewertet worden. Nachweislich überleben viele Arten bei extremen Veränderungen der Umweltbedingungen. Die Menge und die Art des Nahrungsangebotes sind für die Verteilung aller Tierarten von grundlegender Wichtigkeit. Demnach sind die größten Häufigkeiten an Foraminiferen oder Ostracoden dort zu erwarten, wo die organische Produktion oder Zufuhr und damit die Ernährungsmöglichkeiten am nachhaltigsten sind.

Eine solche Zufuhr findet man in den Deltaregionen. PHLEGER (op. cit. pag. 161) konnte hier Foraminiferengemeinschaften mit besonders hoher Individuenzahl feststellen. Bemerkenswerterweise gehören diese Formen zu wenigen Arten und sind durch eine geringe Größe des Gehäuses gekennzeichnet. PHLEGER (1964 pag. 34) führt dies auf die schnelle Vermehrung bei optimalen Lebensverhältnissen zurück.

Nach OERTLI (1963 pag. 54) sind die Ostracoden *«in der litoralneritischen Zone meist sehr zahl- und artenreich, während sie unter 200 m Tiefe seltener werden. Lagunen aller Art, Ästuarie und andere „brackische“ Bereiche sind der Lebensraum par excellence für diese Organismen»*. Auch PEL (1965 pag. 483) stellt für mitteldevonische Ablagerungen fest, daß Ostracoden bevorzugt im lagunären bis leicht übersalzenem Milieu auftreten. Die Größenzunahme der Ostracodengehäuse, die PEL in diesen Schichten beobachtet, führt OERTLI (op. cit. pag. 58) auf das Substratum zurück, auf dem die Ostracoden leben, und zwar ist die durchschnittliche Größe bei Schlammbewohnern am bedeutendsten.

Die Anreicherung von Foraminiferen und Ostracoden im Sediment hängt von der ursprünglichen Häufigkeit dieser Formen ab. Sie wird jedoch durch die Sedimentationsgeschwindigkeit beeinflusst. In dem oben erwähnten Beispiel aus dem Deltabereich geht neben der großen Nahrungszufuhr eine schnelle Sedimentation vor sich, derart, daß die Formenzahl pro Sedimenteinheit gering bleibt. Kleine Mikrofaunenzahlen können demnach auch durch große Sedimentationsgeschwindigkeit verursacht werden, große Mikrofaunenzahlen durch einen Sedimentationsnachlaß.

#### 2. 23. 4. Die Faziesanalyse bei der mikropaläontologischen Auslese.

Die Aufbereitung des Sediments zur mikropaläontologischen Auslese bedingt eine Anreicherung der Gemengteile größer als 0,06 mm und im letzten Rückstand von jenen größer als 0,6 mm. In der Tat werden im Regelfall 100 gr Sediment zu etwa 10 gr Rückstand ausge-

waschen. Die fazielle Analyse dieses aufbereiteten Materials zeigt gegenüber der Dünnschliffbetrachtung die Gemengteile zwar nicht mehr in ihrem Verband, dafür aber in reicherer Auswahl und in körperlicher Erhaltung. Die wiederholte Einwirkung des Wasserstoffsperoxyds hat leider zur Folge, daß sich Eisenverbindungen allmählich aufoxydieren und die übrigen Gemengteile zunehmend mit einer Rostschicht überziehen. Diesem Nachteil beugt man vor, indem man in einem ersten Arbeitsgang nur mit Wasser aufbereitet und im Rückstand die unveränderten Gemengteile erstmalig betrachtet.

Außer Quarz, dessen Anteil in der sedimentologischen Analyse schon bestimmt ist, treten hauptsächlich auf:

- Bruchstücke von Lamellibranchiaten, Crinoiden und Echiniden, Belemniten, Gehäusedeckeln von Ammoniten,
- Klein-Lamellibranchiaten, Gastropoden, Ostracoden im mm-Bereich,
- Einzelteile von Fischen und Ophiuren,
- pflanzliche Gewebereste auch Pollen,
- Pyritkugeln, die auch als vererzte Bakterien beschrieben wurden,
- sowie Glaukonit.

Pyrit kommt außerdem in kleinen Kuben und Rhomboedern als Belag von Wurmbauten oder als Zwickelfüllung vor. Wir gehen allerdings hier nur auf die wahrscheinlich synsedimentären bis früh diagenetischen (LOVE 1964) «Pyritbakterien» ein.

Wie die Darstellung in der Tafelreihe 6 zeigt, erstrecken sich einige der genannten Gemengteile über das ganze Profil, während andere sich auf bestimmte Profiltile beschränken oder bevorzugte Vergesellschaftungen erkennen lassen.

## 2.24. Die petrologischen Untersuchungen.

Von 15 Teilproben der Bohrung FG 11 wurden Dünnschliffe hergestellt, davon gehören stratigraphisch 13 Schliffe in die Serie I, Mergel und Kalke von Strassen, die zwei restlichen in die Beta-Bank. Die übrigen Bänke sind zur Dünnschliffherstellung zu mürbe.

Bei der mikrofaziellen Untersuchung der einzelnen Dünnschliffe wird eine Klassifizierung angestrebt, die erlauben soll, auch die nicht eingehend sedimentologisch und geochemisch untersuchten Profile in Teil III mit der Ausbildung des Sinémurien in der Bohrung FG 11 zu vergleichen. Es erwies sich hierbei als zweckmäßig, die von FOLK (1959) entwickelte Methode der Dünnschliffauswertung vor allem nomenklatorisch an PIRLET (1965) anzupassen.

### 2.24.1. Beschreibung der einzelnen Komponenten der Areno-Kryptit-Reihe.

In den zu untersuchenden Kalken haben wir nach FOLK (1959) mit folgenden Hauptkomponenten zu rechnen:

A. orthochemische - B. allochemische - C. terrigene Bestandteile.

ad. A. orthochemische Bestandteile.

Hierunter faßt FOLK alle Fällungsprodukte zusammen, die innerhalb des Beckens oder des Gesteins selbst entstehen und keinen Transport erkennen lassen. Die kryptokristalline Kalk-

matrix, der feinkristalline calcitische Zement, aber auch alle anderen autigenen Minerale, wie etwa Kieselsäure, Pyrit usw. müssen hierzu gezählt werden.

Die kryptokristalline Kalkmatrix besteht aus Körnern von 1-4 Mikron. Sie ist je nach Gehalt an toniger oder organischer Substanz bräunlich gefärbt. Man nimmt an, daß sie durch ziemlich schnelle chemische oder biochemische Präzipitation entsteht und nur bei nachlassender Strömungsgeschwindigkeit zur Ablagerung kommt. Sie liegt im überwiegenden Fall als Matrix vor, aber auch innerhalb der Koprolithen und Endoklasten.

Der feinkristalline calcitische Zement ist im Unterschied zur Kalkmatrix klar, farblos und völlig durchsichtig. Die Körner sind größer als 10 Mikron und gut gegeneinander abgegrenzt. Sie bilden den porenfüllenden Zement, der erst innerhalb des Gesteins ausfällt.

ad. B. Allochemische Bestandteile.

Bei den allochemischen Bestandteilen handelt es sich um Material, das im Sedimentationsbecken gebildet und bewegt wurde. Es wird unterteilt in Endoklaste, Pseudooide, Fossilien und Ooide.

Die Endoklaste bestehen vorwiegend aus kryptokristallinem Kalkschlamm, der jedoch eine innere Textur erkennen läßt, die auf ursprünglichen Materialwechsel zurückgeführt wird. Quarze und Schalenbruchstücke können in ihnen auftreten. Die Entstehung der Endoklaste wird durch submarine Erosion erklärt, wobei Teile des schon leicht verfestigten Sediments aufgewirbelt und an anderer Stelle wieder abgelagert werden.

Die Pseudooide (die „pellets“ der angelsächsischen Literatur), bei denen es sich wahrscheinlich um Koprolithen handelt, fallen unter dem Mikroskop bei der Betrachtung mit einem Nicol sofort als kleine, bräunliche, runde aber auch elliptische bis länglich gestreckte dunkle Gebilde innerhalb einer helleren, kryptokristallinen Grundmasse auf. Sie bestehen aus kryptokristallinem Calcit ohne innere Textur.

Zu den Fossilien werden hier die Formen und Bruchstücke sowohl des vagilen als auch des sessilen Benthos gezählt. In den vorliegenden Schliffen treten Schalenbruchstücke von Muscheln, Crinoidenstielglieder oder Mikroorganismen auf.

Die Ooide umfassen alle Gebilde mit radialem bzw. konzentrischem Aufbau.

## 2.24.2. Einteilung der Kalksteine und Terminologie.

Man kann zwei Hauptgruppen von Kalksteinen unterscheiden. Die erste Gruppe entsteht durch die biochemische Tätigkeit von riffbauenden Tieren oder Pflanzen. Diese Gruppe spielt in der Sinémurien-Sedimentation des Untersuchungsgebietes nur eine sehr untergeordnete Rolle. Die zweite Hauptgruppe setzt sich aus diskreten Kalkpartikeln zusammen. FOLK (1962) vergleicht diese Kalke mit den detritischen Sedimenten und PIRLET (1965) nennt sie «Arenokryptite».

Man kann die einzelnen Gesteine der Arenokryptit-Reihe als ein Gemisch der zwei Endglieder: 1) Kalkmatrix 2) allochemische Bestandteile betrachten. Calcitischer Zement fügt sich dieser Reihe den genetischen Bedingungen entsprechend zu, ohne selbst allein gesteinsbildend auftreten zu können. Die untersuchten Kalktypen lassen sich in einem Dreikomponenten-

diagramm darstellen — siehe Abb. 9a —, in dem Kalkmatrix, allochemisches Material und Zement die Pole einnehmen.

Die erste Endgruppe von Kalksteinen besteht ausschließlich aus allochemischem Material, welches das Gerüst des Gesteines bildet. Das völlige Fehlen kryptokristalliner Kalkmatrix muß man auf einen bestimmten Klassierungsgrad zurückführen. Es ist dies die Klasse der *Somatite* (MONTY 1963). Der Zementanteil dieser Gesteine kann durch späteres Auskristallisieren in den Porenräumen sehr hoch sein.

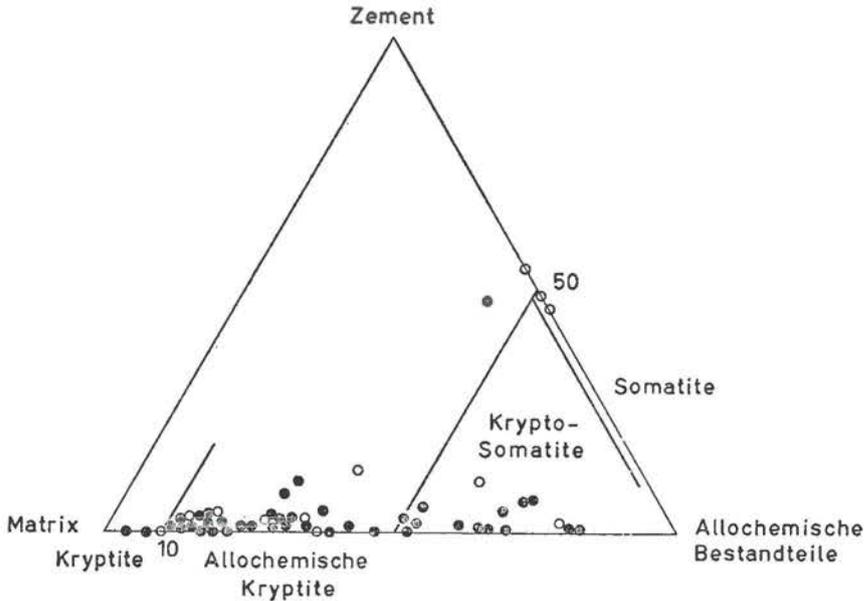


Abb. 9a: Die Zusammensetzung der Kalke (nach PIRLET 1965 mod.) sowie Beispiele aus dem Unteren Lias von Luxemburg

Theoretisch bestehen die Somatiten aus 50% bis 74% allochemischem Material. Diese Volumenprozentanteile entsprechen der kubisch und hexagonal dichtesten Kugelpackung. Bei ungleichförmigen und ungleichgroßen Gemengteilen wird sich der Volumenanteil beliebig erhöhen, ohne jemals 100% erreichen zu können. Der verbleibende Anteil wird von calcitischem Zement eingenommen. PIRLET (1965) konzidiert zudem einen Anteil von 2% Matrix, der innerhalb der methodisch gegebenen Fehlergrenze liegt.

Den Somatiten entspricht als entgegengesetztes Endglied ein Gestein, welches sich nur aus Kalkmatrix zusammensetzt und welches PIRLET (1965) *Kryptit* nennt. Die Klasse der Kryptite enthält weniger als 10% allochemische Gemengteile. In dem Dreikomponentendiagramm nehmen sie den linken Pol ein.

Zwischen den Somatiten und Kryptiten liegen, bei abnehmender Klassierung, zwei Klassen. In der ersten Klasse treten die allochemischen Bestandteile zwar noch gerüstbildend auf, in den Porenräumen kommt jedoch außer der späteren Zementausfüllung auch Matrix vor. Es ist die Klasse der *Kryptosomatite* (PIRLET op. cit.). Die Begrenzung bei 50% allochemischem Material ist dadurch gerechtfertigt, daß unterhalb dieser Grenze kaum noch ein zusammenhängendes Gerüst zu erwarten ist. Je mehr man sich den Kryptiten nähert, um so

Struktur		Allochemische Bestandteile	Durchmesser der allochemischen Bestandteile			
			2mm	100 Mikron	4 Mikron	
Die allochemischen Bestandteile sind gerüstbildend	körniger Zement	> 50%	grob-körnig	Klasse der SOMATITE	fein-körnig	Kryptit
				Endoklast - Oolith - Organoklast - Pseudoolith - Somatit		
	Klasse der KRYPTOSOMATITE					
Die allochemischen Bestandteile liegen in der Matrix	Matrix	50-10%	Endoklast - Oolith - Organoklast - Pseudoolith - Krypto-somatit			
		< 10%	Klasse der ALLOCHEMISCH. KRYPTITE			
		Endoklast - Oolith - Organoklast - Pseudoolith - Kryptit				

Tab. 2: Einteilung der Kalkgesteine nach PIRLET (1965), modifiziert

vereinzelter treten allochemische Bestandteile auf, und um so weniger sind Poren vorhanden, in denen sich Zement abscheiden kann. Die allochemischen Gemengteile sind nicht mehr gerüstbildend, sondern liegen in der Matrix. Diese Klasse wird als *allochemischer Kryptit* bezeichnet. Die Grenze zu den Kryptiten legen wir definitionsgemäß bei weniger als 10% allochemischem Material.

Die weitere Untergliederung der so aufgestellten Klassen geschieht an Hand von Art und Häufigkeit der vorkommenden allochemischen Gemengteile. FOLK (1959) mißt hierbei den Endoklasten die größere genetische Aussagekraft zu. Treten mehr als 25% Endoklaste auf, wird das Gestein als Endoklast-Kryptit, Endoklast-Kryptosomatit oder Endoklast-Somatit bezeichnet. Sind weniger als 25% Endoklaste vorhanden, wird bei mehr als 25% Ooiden entsprechend von einem Oolith-Kalkstein gesprochen. Erreichen weder Endoklaste noch Ooide den 25% Anteil, so bezeichnen wir, abweichend von FOLK (op. cit.), ein Gestein mit mehr als 20% Fossilresten als Organoklast-Kalk. Pseudoooidanteile von über 20%, wurden erst dann in der Namengebung berücksichtigt, wenn alle vorhergenannten Komponenten unterhalb der angeführten Prozentanteile liegen.

Diese Bezeichnungen gelten für den mittleren Korngrößenbereich der allochemischen Bestandteile, d.h. von 2 mm bis 0,6 mm. Oberhalb von 2 mm kann man die Bezeichnung grobkörnig, unterhalb von 0,6 mm feinkörnig hinzufügen.

Einen Kalkstein mit mehr als 10% Sand kann man zudem als sandig bezeichnen. Steigt der Sandgehalt über 60%, so liegt er außerhalb der hier geltenden Terminologie und wird als Sandstein beschrieben.

### 2.24.3. Die Beziehungen der Klassen zum Ablagerungsmilieu.

Auf die Parallelen zwischen Arenokryptiten und klastischen Gesteinen (FOLK 1959) haben wir zu Beginn dieses Kapitels schon hingewiesen. Die Somatite verdanken ihre gute Klassierung

einem stark bewegten Wasserbereich. Im Ablagerungsraum der Kryptosomatite nimmt die Turbulenz allmählich ab. Untergeordnet kann sich hier Kalkschlamm absetzen, ohne ausgewaschen zu werden. Allochemische Kryptite lassen nur gelegentliche Aufwirbelung in einem sonst ruhigen Milieu erkennen. Die Kryptite sind Sedimente des ruhigen Wassers, sei es der tieferen oder der stark geschützten Bereiche.

#### 2. 24. 4. Methodisches.

Die prozentualen Anteile der einzelnen Komponenten werden bestimmt nach der Punktzählmethode mit Hilfe eines Integrationsokulares, das aus einer Platte mit 25 asymmetrisch in einem Kreis angeordneten Punkten besteht. Die Vergrößerung wird je nach Schliff so gewählt, daß der mittlere Korndurchmesser der Komponenten gleich oder etwas größer als der Punkt- abstand im Okular wird.

Insgesamt werden für jeden Schliff 2.000 Punkte ausgezählt. Die einzelnen Komponenten werden mit einem Zählwerk registriert. Die Darstellung im Dreikomponentendiagramm ist in Abb. 9 wiedergegeben.

#### 2.25. Das Vertrauensintervall der Meßergebnisse.

Auf die Größe des Fehlers, mit dem die einzelnen durch Integration ermittelten Anteile einer Meßreihe behaftet sind, ist J. KOCH (1966) ausführlich eingegangen. Da sowohl für das Punktzählverfahren bei der Dünnschliffuntersuchung als auch für das Auszählen der Mikroproben eine Binominalverteilung gegeben ist, insofern als für jede zu zählende Komponente die Alternative des Treffers oder Nicht-Treffers gilt, deckt sich unsere Fragestellung mit jener von KOCH, an den sich unsere weiteren Ausführungen stark anlehnen.

Betrachtet man nur eine Komponente, so erhält man für sie bei der Integration (= Stichprobe) von insgesamt n Punkten oder n auftretenden Individuen eine Trefferzahl von x. Das Verhältnis  $x \cdot 100 = p$  ist eine Annäherung des tatsächlichen Prozentsatzes p mit dem diese Komponente vertreten ist. Bei wiederholter Zählung ist p angenähert normal verteilt.

Folgende Formel drückt den Vertrauensbereich für p aus:

$$\hat{p} - u_{1-\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}} \leq p \leq \hat{p} + u_{1-\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}$$

1 — a = Sicherheit

u = standardisierter Wert der Normalverteilung für  $1 - \left(\frac{a}{2}\right)$

kann auch Tabellen entnommen werden,

Eine Sicherheit von 50%, d.h.  $u_{1-\left(\frac{a}{2}\right)} = 0,674$ , ergibt einen sehr schmalen Vertrauensbereich, in dem der wahre Wert p mit einer Wahrscheinlichkeit von 50% liegt, d.h. mit derselben Wahrscheinlichkeit kann er auch außerhalb des Bereiches liegen. Eine 50%ige Sicherheit läßt also keine Aussagen zu. Am günstigsten dürfte eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5% sein. Der Wert p liegt dann mit einer Sicherheit von 95% innerhalb des berechneten

Vertrauensbereiches, der je nach der Gesamttrefferzahl  $n$  mehr oder minder breit ist. Ist er zu breit, muß die Trefferzahl entsprechend erhöht werden. Diese kann durch Auflösen der Formel nach  $n$  berechnet werden. Bei einer Sicherheit von 95%, d.h.  $u_1 - \left(\frac{a}{2}\right) = 1.96$ , haben wir folgenden Vertrauensbereich:

$$\hat{p} - 1,96 \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}} \leq p \leq \hat{p} + 1,96 \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}$$

Die nachstehende Tabelle, die unwesentlich nach KOCH (op. cit.) erweitert ist, gibt die Vertrauensintervalle von einigen wichtigen Prozentsätzen ( $p$ ) bei einer Sicherheit von 95% für die Gesamttrefferzahlen  $n = 500, 1.000 \dots$  bis 5.000 an.

n P%	500	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
1	1,7	1,3	0,9	0,7	0,6	0,5
3	3,0	2,2	1,5	1,2	1,1	0,9
5	3,8	2,8	1,9	1,6	1,4	1,2
10	5,2	3,8	2,6	2,1	1,9	1,7
20	7,0	5,1	3,5	2,9	2,4	2,2
30	8,2	5,9	4,0	3,3	2,8	2,5
40	8,5	6,1	4,3	3,5	3,0	2,7
50	8,8	6,3	4,4	3,6	3,1	2,8

Tab. 3

Breite des Vertrauensintervalls (in %) bei einer Sicherheit von 95% für verschiedene Werte von  $p$  und  $n$ , nach J. KOCH erweitert.

Dieser Tabelle ist z.B. zu entnehmen, daß bei einem ermittelten Anteil ( $p$ ) von 20% und 5.000 gezählten Punkten der wahre Wert  $p$  mit 95% Sicherheit zwischen 18,9% und 21,1% liegt, bzw. daß der Fehler des Schätzwertes  $p = 20\% \pm 1,1\%$  ist.

Ferner zeigt die Tabelle, daß die Fehlergrenzen bei Zählung von mehr als 2.000 Testpunkten nicht wesentlich geringer werden.

### 2.3. Die Ausbildung des Sinémurien s.str. in der Bohrung FG 11.

Die Schichtenfolge zwischen 5.080 und 5.930 wurde in Kapitel 1.13. als Serie I beschrieben und ins Sinémurien s. str. gestellt. Im Folgenden soll diese Zuordnung mikrofaunistisch und faziell bestätigt und differenziert werden. Es zeigt sich, daß den geochemischen Daten eine grundlegende und übergeordnete Bedeutung bei der Schichtengliederung zukommt. Die Zufuhr der Klastika spielt dabei nur eine akzessorische Rolle. Die Untersuchung der Mikrofauna erlaubt die chronostratigraphische Zuordnung der abgegrenzten Gruppen.

### 2.31. Die geochemischen Daten.

Die Anreicherung der untersuchten Stoffgruppen  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  und der Bitumina wird in unterschiedlichem Maße von Lebewesen beeinflusst. Der Aufbau der Serie legt es nahe, erst gemeinsam die Verteilung von  $\text{CaCO}_3$  und  $\text{MgCO}_3$ , anschließend jene von  $\text{P}_2\text{O}_5$  und der Bitumina zu erläutern.

#### 2. 31. 1. Die Verteilung von Ca und Mg

Die Verteilung von Calcium.

Das Auftreten von Calcium wird am besten in der Sequenz 2 — siehe Tafelanlage 1, Spalte 8 — veranschaulicht. Von einem titrierten  $\text{CaCO}_3$ -Anteil von 17,5% in der Anfangsphase der Sequenz steigert sich der Gehalt in 5.700 auf 45%. Er fällt alsdann bei 5.690 auf 26% ab, um in Bank 5.660 auf 78%  $\text{CaCO}_3$  emporzuschwellen. Dies stellt übrigens den höchsten  $\text{CaCO}_3$ -Gehalt dar, welcher im Sinémurien I titriert wurde.

Die Ausbildung von Schichteneinheiten mit zwei  $\text{CaCO}_3$ -Maxima, wobei das letztere stets das größere ist, läßt sich über das ganze Sinémurien I verfolgen und bedingt den Sequenzaufbau der Serie. Die untere Anreicherung bezeichnen wir als *Vormaximum* und stellen ihm das obere oder *Ca-Hauptmaximum* gegenüber. Der gleiche Aufbau wird noch an zwei weiteren, weniger klar ausgeprägten Sequenzen gezeigt.

Die Sequenz 3 ist durch einen niedrigen Ca-Gehalt gekennzeichnet. Dennoch steigert sich der ursprüngliche  $\text{CaCO}_3$ -Anteil von 7% bei 5.600 auf 16% bei 5.545 und zeichnet hier das erste oder Vormaximum ab. In der Bank 5.520 fällt er geringfügig auf 12% ab und erreicht sein Hauptmaximum von 40% in 5.490.

Die Anfangssequenz 1 gehorcht derselben Anordnung. Ein nur schwaches Vormaximum tritt bei 5.880 auf. Nach einer leichten Abnahme steigert sich der  $\text{CaCO}_3$ -Gehalt im Hauptmaximum bei 5.750 auf 77%.

Auf diese Art gliedert sich das Sinémurien I in fünf  $\text{CaCO}_3$ -Sequenzen: Die beiden unteren Sequenzen erreichen im Hauptmaximum mit 77-78% die höchsten und nur wenig voneinander abweichenden  $\text{CaCO}_3$ -Werte, die drei oberen Sequenzen zeigen im Hauptmaximum eine allmähliche Zunahme der  $\text{CaCO}_3$ -Werte von 40% in der Sequenz 3, auf über 50% in der Sequenz 5.

Die beiden unteren Sequenzen, sowie die drei oberen, lassen sich jeweils zu einer Gruppe zusammenfassen. Diese entsprechen in der Vorstellung von HALLAM (siehe Seite 21) je einem pulsierenden Verlauf in der Verflachung des Sedimentationsbeckens. Diese Modellvorstellung, welche BITTERLI (1963) vorbildlich wiedergegeben hat — siehe Abb. 10 —, differenziert sich sowohl für die untere als auch für die obere Gruppe. In der unteren Gruppe sind die beiden Sequenzen in Bezug auf die Kalkfällung gleichwertig. Die obere Gruppe beginnt mit wesentlich geringeren Ca-Hauptmaxima und erreicht auch in der abschließenden Sequenz nicht den Wert der liegenden Gruppe.

Die Verteilung von Magnesium.

Wir haben weiter oben darauf hingewiesen, daß die titrierten Mg-Werte nur bedingt auf  $\text{MgCO}_3$  umgerechnet und gedeutet werden können. Dies schränkt jedoch die genetischen Aussagen, die sich aus der Verteilung der ermittelten Mg-Werte ergeben, nicht ein.

In den unteren Sequenzen 1 und 2 bleibt der Mg-Gehalt durchwegs gering. Werte von 5-6%  $\text{MgCO}_3$  sind schon als ausnehmend hoch zu bezeichnen. Die hohen Ca/Mg Verhältnisse machen zudem eine karbonatische Bindung wahrscheinlich.

In den Sequenzen 3, 4 und 5 steigert sich der  $\text{MgCO}_3$ -Wert auf 15% und 18% und wird damit bisweilen doppelt so groß wie der entsprechende  $\text{CaCO}_3$ -Anteil. Hier muß in erheblichem Maße nicht nur karbonatische Bindung vorliegen.

Auffallenderweise verhalten sich Ca und Mg umgekehrt proportional zueinander, derart, daß einem Ca-Minimum ein Mg-Maximum entspricht. Nur die Mg-Zunahme von 5.430 bis 5.260 wird durch die Kalkbank 5.300 nicht unterbrochen. Hier steigt der Mg-Gehalt somit ausnahmsweise kontinuierlich.

Die erhöhten Mg-Gehalte sind nach FAIRBRIDGE (op. cit.) auf verstärkte organische Tätigkeit etwa im litoral Bereich zurückzuführen. Warum aber treten diese Werte bei nachlassender Ca-Fällung auf? Nach HALLAM geht das Verflachen des Meeres unabhängig von Krustenbewegungen vor sich. Die Kalkphasen belegen deshalb Einengungszeiten des Sedimentationsraumes, die sich einseitig und lebenshemmend auswirken können. Das Ansteigen des Meeresniveaus ruft unter diesen Voraussetzungen eine Ausdehnung des Sedimentationsraumes hervor. Nach der geringen klastischen Zufuhr zu urteilen, war das Küstengebiet reliefarm, so daß ein leicht steigender Meeresspiegel ein weites Flachwassergebiet zu schaffen vermochte. Bei günstigen Wasseraustauschbedingungen konnte ein besonders lebensförderndes Milieu entstehen.

In der liegenden Gruppe, jene mit den hohen Ca-Werten, riefen die Eintiefungsphasen wahrscheinlich nur ein lagunäres Milieu hervor. Hier ließ die Kalkfällung zwar nach, die Lebensbedingungen waren aber zu einseitig, als daß sich eine reiche Lebewelt einstellte, die die Mg-Werte beeinflußt hätte. Auch zu starke Eintiefungen, wie in der Anfangsphase 5.600, veranlassen keine Mg-Zunahme, da der Boden unterhalb des optimalen Lebensbereiches geriet.

### 2. 31. 2. Die $\text{P}_2\text{O}_5$ -Verteilung.

Die Verteilung der  $\text{P}_2\text{O}_5$ -Werte lehnt sich an den Ca-Sequenzaufbau an, wird jedoch nur untergeordnet von ihm beeinflußt. In der Gesamttendenz greift die Phosphorführung über verschiedene Sequenzen hinweg und gliedert das Profil in drei Teile.

Ein erster Bereich umfaßt die liegende Gruppe mit den Sequenzen 1 und 2. Über dem Luxemburger Sandstein tritt eine Phosphoranreicherung von 0,19% auf. Generell nimmt dann in dieser Gruppe der  $\text{P}_2\text{O}_5$ -Gehalt ab, um in der abschließenden Kalkbank 6.660 auf 0,03% zu fallen. Den Eintiefungsphasen bei 5.880 und 5.718 entspricht jeweils eine relative Phosphoranreicherung. Diese nimmt vom Liegenden zum Hangenden, von 5.920 auf 5.850 und 5.718, gemäß der allgemeinen Tendenz ab.

Diese Gruppe bildet also in Bezug auf die Phosphorverteilung eine Einheit. Die ursprüngliche Eintiefung des Beckens und die günstigere Zufuhr von P-haltigen Wässern hatten ein relatives Maximum der P-Anreicherung hervorgerufen. Allmählich verflachte die See, das Sedimentationsbecken schnürte sich zudem ein, die Phosphorgehalte schrumpften kontinuierlich, nur schwach auf die Ca-Fluktuationen reagierend, zusammen.

Eine ähnliche Tendenz wiederholt sich in der Sequenz 5. Ab 5.260 nimmt der  $\text{P}_2\text{O}_5$ -Gehalt von 0,2% auf 0,01% in 5.080 ab. Auch hier verschlechterten sich zusehends die Bedingungen für eine P-Anreicherung.

In den Sequenzen 3 und 4 liegen die P-Werte durchwegs höher als in der liegenden Gruppe oder in der hangenden Sequenz. Von der Anfangsphase 5.600 mit einem  $P_2O_5$ -Wert von 0,1% steigt der Gehalt bis zu 0,32% in 5.660 und erreicht damit den höchsten festgestellten P-Wert des Sinémurien I. In Spalte 7 der Tafelanlage 1 kommt dieser Wert nicht mehr voll zur Darstellung. Das Ca-Vormaximum bei 5.545 bedingt eine Erniedrigung auf 0,1%  $P_2O_5$ . Die Gehalte steigen nun kontinuierlich über das Ca-Hauptmaximum (5.490 : 0,2%  $P_2O_5$ ) bis in die Anfangsphase 5.450 der Sequenz 4, wo der  $P_2O_5$ -Wert 0,28% beträgt.

Die Sequenz 4 wiederholt diese Verteilung. Das Ca-Vormaximum bedingt eine beachtliche Abnahme des P-Wertes, während die folgende Zunahme über das Hauptmaximum hinwegsetzt. Die drei P-Maxima nehmen vom Liegenden zum Hangenden ab.

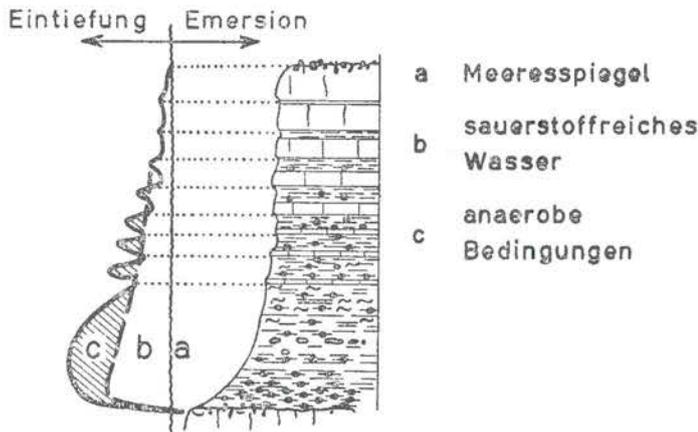


Abb. 10

Schema einer rhytmischen Gruppe im Unteren Lias, nach BITTERLI

Der mittlere Teil des Sinémurien kennzeichnet sich durch eine optimale Tiefenlage des Sedimentationsbeckens aus. Die Zufuhr von phosphorreichen Wässern war bedeutend. Bemerkenswert ist der hemmende Einfluß der Ca-Vormaxima auf die P-Anreicherung. Die Ca-Hauptmaxima können sich dieser Art nicht auswirken. Die Feststellungen SLANSKI's, daß die Phosphoranreicherungen sich an die Karbonatfällungen anschließen, werden dadurch differenziert: Es bestätigt sich, daß die maximale P-Anreicherung stets auf das Ca-Hauptmaximum folgt. Ob jedoch nicht dem Ca-Vormaximum eine größere genetische Rolle zukommt, wäre weiter zu untersuchen. Auch scheint die Anreicherung hier eher mit einem tieferen Milieu zusammenzufallen, als mit einer weiteren Verflachung, wie SLANSKI es festgestellt hat.

### 2. 31. 3. Die Verteilung der Bitumina.

Das Anreicherungsschema der Bitumina im Sinémurien I wollen wir in der unteren Gruppe zwischen 5.820 und 5.660 erläutern. Bei 5.820 tritt mit 0,2% bituminöser Substanz die größte extrahierte Menge im Sinémurien I auf. Der Bitumenanteil nimmt generell zur abschließenden Kalkbank 5.660 auf 0,04% ab. In den Zwischenschichten reichern sich die Bitumina jeweils gegenüber den Kalkbänken relativ an. Diese Anreicherung nimmt von den älteren zu den jüngeren Schichten hin ab.

Wir haben gesehen, daß BITTERLI (op. cit.) das Auftreten der bituminösen Stoffe auf die Ausbildung von anaeroben Bedingungen zurückführt. In einer ersten und großen Eintiefung des Beckens sind diese Bedingungen am ausgeprägtesten, die Bitumenanreicherung dementsprechend am stärksten. Die aufsteigende Tendenz des Beckens wird von zeitweiligen Eintiefungen unterbrochen, deren Ausmaß zu den jüngeren Schichten hin allgemein an Bedeutung abnimmt. Entsprechend schwächen sich anaerobe Bedingungen ab. Die Anreicherung an organischer Substanz nimmt ab. Die graphische Darstellung, die BITTERLI hierzu gibt, haben wir in Abb. 10 übernommen.

Die Schichtenfolge zwischen 5.820 und 5.660 entspricht in Bezug auf den Bitumengehalt einer solchen rhythmischen Bewegung des Sedimentationsraumes. Wir wissen zudem, daß in dieser Gruppe zwei gleichwertige Ca-Sequenzen vorliegen, die wir auch auf Schwankungen des Meeresspiegels zurückführen. Die rhythmischen Schwankungen der Meerestiefe, die sich in der Sequenz 2 für Kalkgehalt sehr stark auswirken, waren wahrscheinlich zu geringfügig, um eine entsprechende Reaktion der Bitumenführung hervorzurufen.

Das genetische Schema mit einer Anreicherung am Anfang der Sequenz und einer anschließenden Abnahme besitzt Gültigkeit für das ganze Sinémurien I und bestätigt sich auch im untersten Teil des Sequenz 1, hier nehmen die Bitumenwerte von 0,13% in 5.920 auf 0,08% in 5.850 ab. Ob dieser Schichtenabschnitt nun mit einer geringeren Absenkung des Beckens begann, oder ob die ursprünglichen Durchlüftungsverhältnisse besser waren, bliebe zu klären.

Die Sequenzen 3 und 4 fügen sich auch in Bezug auf die Bitumenführung zu einer Einheit zusammen. Der maximale Wert der ersten Eintiefung beträgt 0,14% organischer Substanz bei 5.600 und fällt auf 0,06% bei 5.300. In diesem Bereich sprechen die Phosphor- und Magnesiumwerte für günstige Lebensbedingungen im Becken. Sie machen zum anderen eine intensive Durchmischung des Wassers wahrscheinlich. Hierbei wurde die anfallende organische Substanz weitgehend zerstört.

Die Sequenz 5 mit zwei gleich großen Werten von 0,14% bei 5.260 und 0,13% bei 5.150, sowie einer Abnahme bis auf 0,07% bei 5.080, macht ähnliche Umweltbedingungen wie in den Sequenzen 1 und 2 wahrscheinlich. Die Verteilung der Werte für Phosphor hat erst diese Analogie erkennen lassen.

Verbindet man die Anfangswerte der drei so abgegrenzten Bereiche, so zeigt sich in der unteren Gruppe bei 5.820 der stärkste Ausschlag. Die mittlere Gruppe und die obere Sequenz beginnen mit ähnlichen Bitumengehalten.

### **2.32. Die sedimentologischen Daten.**

Die Zufuhr der gröberen Klastika.

Der Grenze des Luxemburger Sandsteins zu den Mergeln und Kalken von Straßen entspricht auch einem Umschwung der sedimentologischen Bedingungen. Die hochturbulenten Verhältnisse, die zur Sandsteinsedimentation geführt hatten, klangen ab. Nach dem PASSEGA-Diagramm, siehe Abb. 7c, reichte die Turbulenz maximal dazu aus, das Korngut in uniformer Suspension zu transportieren. Hierbei kam es nie zu einem Sandanteil von mehr als 10%.

Selbst die untere Sequenz I scheint nicht zum Luxemburger Sandstein zu vermitteln. Zwar setzt die Schichtenfolge mit stärkeren Strömungen ein. Diese klingen jedoch schnell ab.

Bei 5.920, also im unmittelbaren Hangenden des Luxemburger Sandsteins, beträgt der Sandanteil 9% der Klastika, bei 5.905 noch 7% und macht sich anschließend in der Sequenz 1 nicht mehr bemerkbar. Die Sequenz 2 wiederholt diese Ausbildung. Der ersten Eintiefung bei 5.720 entspricht ein Sandanteil von 8% des Korngutes. Das PASSEGA-Diagramm läßt keine Turbulenz erkennen. In der zweiten Eintiefung bei 5.690 liegt der Sandanteil unter 1%.

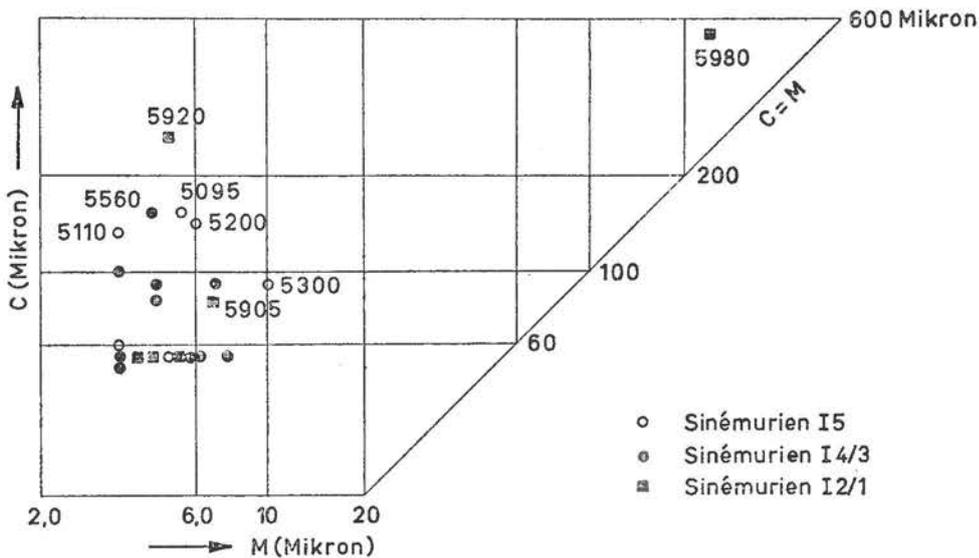


Abb. 7c: C=M-Diagramm des Sinémurien s. str. in der Bohrung FG 11

Die beiden unteren Serien zeigen also vorwiegend in der ersten Eintiefungsphase stärkere Strömungsverhältnisse, die eine Sandzufuhr ermöglichten.

Ab Sequenz 3 tritt die Sandkomponente vorwiegend mit den Ca-Maxima auf. Die Sequenz beginnt mit ausgesprochen stillen Wasserverhältnissen. Das Ca-Vormaximum 5.560 ist durch beginnende Turbulenz gekennzeichnet, die nach oben allmählich abnimmt. Bei 5.490 herrschen wieder die ruhigen Ausgangsbedingungen. Den Strömungsverhältnissen entspricht die Sandzufuhr, die mit 7% bei 5.560 ihren maximalen Wert besitzt.

Sämtliche Proben der Sequenz 4 fallen im PASSEGA-Diagramm in den Bereich der uniformen Suspensionen. Die stärkste Turbulenz macht sich im Ca-Vormaximum bei 5.430 geltend, betrifft aber auch das Hauptmaximum 5.300. Sand tritt in der ganzen Sequenz auf, in den beiden Ca-Maxima je etwa 10%.

Auch die Sequenz 5 verhält sich ähnlich, allerdings bei nachlassenden Strömungsverhältnissen, derart, daß uniforme Suspensionen mit Sandzufuhr nur in den beiden Ca-Maxima auftreten.

In den drei oberen Sequenzen sind stärkere Strömungsverhältnisse und Sandzufuhr bevorzugt an die Kalkphasen gebunden.

Das Absetzen der feineren Klastika.

Wir betrachten als Fein-Klastika die Korngrößenfraktionen kleiner als 5 Mikron d.h. Feinsilt plus Ton. Ihr allmähliches und kontinuierliches Absetzen im Sedimentationsbecken

wird episodisch durch die Einschwemmung von größerem Material, in der Regel bei stärkeren Strömungsverhältnissen, unterbrochen. Ihr Anteil an der Korngrößenverteilung wird also direkt durch das Geschehen im Sedimentationsbecken beeinflusst. Die Verteilung der Feinklastika innerhalb der Sequenz interessiert um so mehr, als im klastischen Rückstand der Gesteine des Sinémurien I mit wenigen Ausnahmen diese Korngrößenfraktion überwiegt.

Über dem Luxemburger Sandstein bei 5.920 machen die Feinklastika 55% des Korngutes aus. Bei 5.905 fällt dieser Wert auf das Sequenz-Minimum von 47%. Anschließend steigert sich ihr Anteil allmählich und erreicht bei 5.790, also unmittelbar unterhalb des Ca-Hauptmaximums, mit 66% einen neuen Höchstwert. Die Profillage des höchsten Tongehaltes zwischen den beiden Ca-Maxima läßt sich über die ganze Serie belegen.

Im Verlaufe der Sequenzen nimmt generell die Zufuhr größerer Klastika ab, wobei der Tonanteil entsprechend ansteigt. Da jede Sequenz ursächlich mit einer rhythmischen Verringerung der Wassertiefe verbunden ist, muß man das Vorherrschen der Tonablagerung auf Abschnürung des Sedimentationsraumes zurückführen, welche die Zufuhr größeren Materials unterbindet. Die geringste Zufuhr erfolgt zwischen den beiden Kalkphasen, wobei sich mit dem Ca-Hauptmaximum die folgende Eintiefung durch verstärkte Strömungsverhältnisse anbahnt.

Entsprechend nimmt auch die Akkumulationsgeschwindigkeit der Sedimente vom Liegenden zum Hangenden der Sequenz hin ab. Die besonders großen Mikrofaunenzahlen bei 5.520 bis 5.490, vor allem bei 5.375 und etwas abgeschwächt bei 5.150, können nach FOLK (op. cit.) auf nachlassende Sedimentationsgeschwindigkeit zurückgeführt werden.

Die Histogramme der Korngrößenverteilung.

Der unterschiedliche Einfluß von Grob- und Feinklastika in der Korngrößenverteilung kommt in den Histogrammdarstellungen in Tafel 5 zum Ausdruck. Bei nachlassender Strömungsgeschwindigkeit kommt erst Sand zur Ablagerung, während die feineren Fraktionen entsprechend weiter transportiert werden. In der Histogrammdarstellung verschiebt sich das Maximum von den größeren zu den feineren Fraktionen.

Die Probe 5.980 im oberen Teil des Luxemburger Sandsteines setzt sich vorwiegend aus Mittel-Sand zusammen. Die feineren Fraktionen sind nur schwach vertreten. Sie sind von den Strömungen noch weiter beckeneinwärts verfrachtet worden.

Die Probe 5.920 und in gesteigertem Maße die Probe 5.905 sind weiter beckeneinwärts oder auch seitlich der Sandschüttung bei nachlassender Strömungsgeschwindigkeit zur Ablagerung gekommen. Wir führen das auffallende Ansteigen zur Tonfraktion auf das Einsetzen von einheitlichen ruhigen Sedimentationsbedingungen zurück. Solche Verhältnisse kennzeichnen außer Sequenz 1 vorwiegend die Sequenz 3.

In flacherer See schwimmen vagabundierende Strömungen Sand ein, der sich der normalen Korngrößenverteilung überlagert und hier zwei Maxima hervorruft. Die Proben 5.300 und 5.200 lassen u.a. diese Verhältnisse gut erkennen.

Der ausgeprägten Tonsedimentation entsprechen die einander ähnelnden Histogrammdarstellungen in 5.790, 5.690, 5.150. Diese sind in 5.520 und 5.375 von den in diesen Sequenzen herrschenden stärkeren turbulenten Bedingungen beeinflusst.

### 2.33. Das detritische Material in der Serie I.

Die im Aufbereitungsrückstand zur mikropaläontologischen Auslese angereicherten Fragmente verschiedener Lebewesen, Kleingehäuse und Konkretionen wurden im Sedimentationsbecken in unterschiedlichem Maße verfrachtet und angereichert, wodurch sich die Beziehungen auf den Lebensraum teilweise verwischten.

Über das ganze Sinémurien trifft man gleichermaßen Muschelbruchstücke und Echinodermaßenreste an. Das Auftreten von Gryphiten, Pectiniden u.a. wurde bei der lithologischen Beschreibung der Schichtenfolge erwähnt. Hierzu gesellen sich im mikropaläontologischen Aufbereitungsrückstand Seeigelstacheln, Pentacrinus- und Encrinusstielglieder. In den Kalkbänken der Bohrung FG 11 treten die Organismenreste in der Regel merklich bis völlig zurück. Die Dünnschliffbetrachtung hat dies bestätigt. Die Abwesenheit von Organismenresten in der tonigen Fazies wurde in den drei Proben 5.860, 5.850 und 5.600 festgestellt. Da die Schalenbruchstücke in Tiefen jenseits des ursprünglichen Lebensraumes verfrachtet werden können, bezeugen diese Proben in der HALLAMSchen Modellvorstellung beträchtliche Eintiefungen des Sedimentationsraumes.

Bruchstücke von Belemnitengehäusen treten in der Schichtenfolge tiefer auf als ganze Rostren. Die ersteren werden ab 5.150 in den jüngeren Proben der Serie stets angetroffen. Das erste Belemnitenrostrum wurde bei 4.790 erwähnt.

Ammonitenreste wurden im Sinémurien I nicht festgestellt.

Spezifischere Reste: kleine Turmschnecken, Muscheln, Ophiurenwirbel, Fischzähne und -schuppen sowie Pollen treten bevorzugt in den größten Tonericherungen der Sequenz (5.790, 5.690, 5.520, 5.375 und 5.150) auf. Insbesondere beschränken sich die Funde von Fischresten, Ophiurenwirbeln und Pollen auf diese Proben, während die Klein-Lamellibranchiaten und Gastropoden nicht nur an diese Proben gebunden sind. Ophiurenwirbel werden nur im unteren Teil des Profils gefunden. 5.520 ist die letzte Probe in der Serie I, die noch Ophiurenwirbel führt.

Aus diesem Sachverhalt kann man folgern, daß die genannten Fossilreste faziesgebunden sind, die Lamellibranchiaten und Gastropoden vielleicht weniger als die anderen. Den Ophiurenwirbeln kommt eine bedingte stratigraphische Bedeutung zu.

Wir haben weiter oben auf die synsedimentäre Entstehung der «Pyritbakterien» hingewiesen. Diese bilden sich bei anaeroben Bedingungen und sind nach BITTERLI (op. cit.) vorwiegend in Schichten mit größeren Bitumenanreicherungen zu erwarten. Tatsächlich wurden Pyritbakterien ausschließlich in Zwischenschichten gefunden. Bei 5.820, 5.600 und 5.260 treten sie in Proben mit auffallend hohem Bitumenanteil auf. Allerdings sind nur in der Probe 5.600 besonders lebensfeindliche Bedingungen wahrscheinlich zu machen, da hier Organismenreste völlig fehlen. In den übrigen Proben treten die Pyritbakterien möglicherweise lagenweise auf. Die Organismenreste belegen Ablagerungen, die die anaeroben Bedingungen durch lebensgünstigere ablösen. Selbst in einem gut durchlüfteten Lebensraum, wie er den Proben 5.690 und 5.095 entsprechen mag, können sich kurzzeitig noch Sulfurete mit Pyritbakterien ausbilden, wie das genetische Modell von BITTERLI es auch veranschaulicht. Ab 5.880 bis zu 5.600 ist Glaukonit ein häufiges Begleitmineral, welches in nierenförmigen Konkretionen vorkommt. In den erwähnten Proben tritt Glaukonit in sämtlichen Horizonten auf, unabhängig von deren Lage in der Sequenz.

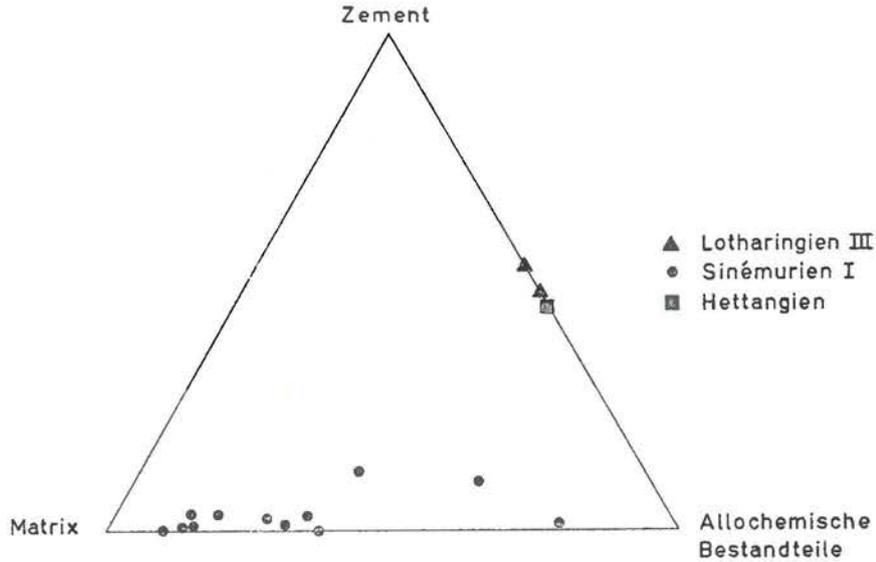


Abb. 9b: Die Zusammensetzung der Kalke in der Bohrung FG 11

### 2.34. Das Dünnschliffbild der Kalke des Sinémurien I.

In den Ergebnissen der Dünnschliffbetrachtung besitzen die Endoklast-Anteile die größere Aussagekraft. Sie veranschaulichen die im Sedimentationsraum herrschenden Strömungsstärken und ergänzen und bestätigen das Bild, welches die Einschwemmung des klastischen Materials vorgezeichnet hat.

Eine ruhige Kalksedimentation in einem stark geschützten Becken kann man einheitlich für die untere Gruppe mit den Sequenzen 1 und 2 geltend machen. Zur Bezeichnung Endoklast-Kryptit in 5.905 reicht der Endoklast-Anteil mit 27% gerade aus. Die sanfte Wasserbewegung, die diesem Endoklast-Anteil entspricht, schwächt sich kontinuierlich in 5.820, 5.750 und 5.700 ab, wo der Endoklast-Anteil nur 7% ausmacht. Auch die abschließende Kalkbank 5.660 mit 10% Endoklasten liegt noch in diesem Prozentbereich.

Die positiven Phasen in 5.520 mit einem Endoklast-Anteil von 36%, in 5.500 mit einem solchen von 32% und in 5.430 mit 24% Endoklasten, bilden eine zweite Reihe mit erhöhter aber gleichmäßig abnehmender Turbulenz. Die drei Kalke sind als Endoklast-Kryptite zu bezeichnen.

Eine letzte Reihe setzt mit einem hohen Endoklast-Anteil von 74% in 5.300 ein. Da die Endoklaste eine nicht ausgewaschene Kalkmatrix umschließen, trifft für dieses Gestein die Bezeichnung Endoklast-Kryptosomatit zu. Dieser Kalkstein gibt die turbulenteste Phase des Sinémurien I wieder. In 5.200 sinkt der Anteil des aufgewirbelten Kalkes auf 47%, in 5.110 auf 10% und in 5.080 auf weniger als 5%. Über dem Endoklast-Kryptit 5.200 stellt sich mit den Kryptiten in 5.110 und 5.080 wieder eine sehr ruhige Kalkabscheidung in einem weniger bewegten Milieu ein.

Nächst den Endoklasten interessieren Gehäusebruchstücke oder ganze Gehäuse von Fossilien. Der höchste Fossilienanteil erreicht nur 20% in 5.750, einem Ca-Hauptmaximum, und

bezeichnet damit dieses Gestein als Organoklast-Kryptit. Lamellibranchiaten, Seclilien, aber auch Foraminiferen und Ostracoden, liegen isoliert in der Kalkmatrix. Eine schwächere Fossilanreicherung von 10% ist im Endoklast-Kryptit 5.520 zu verzeichnen. In den verbleibenden Dünnschliffbildern übersteigt der Fossilanteil nicht mehr 5%.

Pseudoooid-Anteile von 6% in 5.700, 9% in 5.430 und 11% in 5.200 kennzeichnen die Ca-Vormaxima. In den übrigen Dünnschliffen sind die Koproolith-Anteile nicht erwähnenswert. Auch in den drei erwähnten Schliffen sind sie nicht namengebend: 5.700 wurde als Kryptit, 5.430 und 5.200 als Endoklast-Kryptite beschrieben.

## 2.35. Die Mikrofauna und ihre Verteilung.

### 2. 35. 1. Fossil-Liste

#### A. FORAMINIFERA.

- Familie : *Cornuspiridae*  
*Cornuspirus* SCHULTZE 1854  
*Cornuspira orbicula* (TERQUEM & BERTHELIN 1875)  
FRANKE 1936, pag. 17; Taf. 1, Fig. 16.
- Familie : *Nodosariidae*  
*Marginulina* d'ORBIGNY 1826  
*Marginulina porrecta* TERQUEM 1866  
BIZON 1960, pag. 7; Pl. 2, Fig. 6a + b; Pl. 4, Fig. 8.  
*Marginulina prima* d'ORBIGNY 1949  
FRANKE 1936, pag. 76; Taf. 8, Fig. 1 - 7  
*Marginulina (Marginulinopsis) radiata* TERQUEM 1863  
BIZON 1960, pag. 7 - 8; Pl. 2, Fig. 3a + b; Pl. 4, Fig. 17a + b  
*Marginulina (Saracenaria) trigonalis* BARNARD 1950  
BARNARD 1950, pag. 373; Fig. 5c  
*Nodosaria* LAMARCK 1812  
*Nodosaria claviformis* TERQUEM 1866  
BIZON 1960, pag. 9 - 10; Pl. 3, Fig. 5; Pl. 4, Fig. 12  
*Nodosaria metensis* TERQUEM 1863  
FRANKE 1936, pag. 47; Taf. 4, Fig. 15 a-c  
*Nodosaria nitida* TERQUEM 1858 - 66  
FRANKE 1936, pag. 43; Taf. 3, Fig. 22 a + b  
*Nodosaria columnaris* FRANKE 1936  
FRANKE 1936, pag. 48; Taf. 4, Fig. 14 a + b  
*Nodosaria regularis* TERQUEM 1858  
MAGNE etc. 1961, Pl. VII Fig. 1  
*Nodosaria fontinensis* TERQUEM 1867  
FRANKE 1936, pag. 50; Taf. 5, Fig. 1  
*Dentalina* d'ORBIGNY 1826  
*Dentalina terquemi* d'ORBIGNY 1849  
BARNARD 1950, pag. 363; Fig. 1f

- Dentalina varians* TERQUEM 1866  
BIZON 1960, pag. 7 - 8; Pl. 3, Fig. 3 a-b; Pl. 4, Fig. 19
- Dentalina matutina* d'ORBIGNY 1849  
BARNARD 1950, pag. 359 - 361; Fig. 5d
- Dentalina pseudocommunis* FRANKE 1936  
FRANKE 1936, pag. 30; Taf. 2, Fig. 20 a-b
- Dentalina häusleri* SCHICK 1903  
BARNARD 1950, pag. 362; Fig. 5j
- Dentalina primaeva* d'ORBIGNY 1849  
DREXLER 1959, pag. 493; Taf. 20, Fig. 11
- Dentalina funiculosa* TERQUEM 1858  
FRANKE 1936, pag. 37; Taf. 3, Fig. 14
- Lenticulina* LAMARCK 1804  
*Lenticulina varians* (BORNEMANN 1854)  
DREXLER 1959, pag. 495; Taf. 20, Fig. 16e
- Planularia* DEFRANCE 1824  
*Planularia inaequistriata* (TERQUEM 1863)  
BIZON 1960, pag. 5; Pl. 1, Fig. 5; Pl. 4, Fig. 4
- Planularia suturalis* (TERQUEM 1866)  
BIZON 1960, pag. 3 - 18; Pl. 1, Fig. 6
- Planularia pulchra* (TERQUEM 1863)  
BIZON 1960, pag. 6; Pl. 2, Fig. 1 a + b; Pl. 4, Fig. 3
- Planularia ornata* (TERQUEM 1858)  
BIZON 1960, pag. 5 + 6; Pl. 4, Fig. 2; Pl. 1, Fig. 7
- Vaginulina* d'ORBIGNY 1826  
*Vaginulina anceps* (TERQUEM 1867-83)  
FRANKE 1936, pag. 84; Taf. 8, Fig. 30 - 32
- Vaginulina listi* (BORNEMANN 1854)  
FRANKE 1936, pag. 82; Taf. 8, Fig. 21, 22 a + b
- Vaginulina simplex* TERQUEM 1863  
BARNARD 1950, pag. 373; Fig. 8c
- Vaginulinopsis* SILVESTRI 1904  
*Vaginulinopsis subporrecta* BIZON 1960  
BIZON 1960, pag. 10 - 12; Pl. 3, Fig. 1; Pl. 4, Fig. 7
- Frondicularia* DEFRANCE 1824  
*Frondicularia bicostata dubia* BORNEMANN 1854  
RABITZ 1963, pag. 212; Taf. 17, Fig. 25
- Frondicularia bicostata sulcata* BORNEMANN 1854  
RABITZ 1963, pag. 213 - 214; Taf. 17, Fig. 22
- Frondicularia major* BORNEMANN 1854  
RABITZ 1963, pag. 209 - 210; Taf. 17, Fig. 18
- Frondicularia nitida* TERQUEM 1858  
FRANKE 1936, pag. 68; Taf. 7, Fig. 1 - 3
- Frondicularia involuta* TERQUEM 1866  
BIZON 1960, pag. 12 - 14; Pl. 3, Fig. 6 a-c; Pl. 4, Fig. 16

*Plectofrondicularia* LIEBUS 1903  
*Plectofrondicularia brizaeformis* (BORNEMANN 1854)  
 RABITZ 1963, pag. 215 - 216; Taf. 17, Fig. 26 - 27  
  
*Lingulina* d'ORBIGNY 1826  
*Lingulina tenere* BORNEMANN 1854  
 BARNARD 1950, pag. 365; Fig. 6a  
  
*Lingulina tenere* var. *pupa* (TERQUEM 1899)  
 BARNARD 1950, pag. 366; Fig. 6 b + d  
  
*Pseudoglandulina* CUSHMAN 1929  
*Pseudoglandulina multicosata* (BORNEMANN 1854)  
 BARNARD 1950, pag. 364; Fig. 4a  
  
*Pseudoglandulina pupoides* (BORNEMANN 1854)  
 DREXLER 1959, pag. 498; Taf. 20, Fig. 27  
  
*Pseudoglandulina spec. 1* (MAGNE u.a. 1961)  
 MAGNE etc 1961, Pl. VII, Fig. 7  
  
*Pseudoglandulina spec. 2* (MAGNE u.a. 1961)  
 MAGNE etc 1961, Pl. VII, Fig. 8

B. OSTRACODA.

Familie : *Cytherellidae* SARS 1865

Gattung : *Cytherelloidea* ALEXANDER 1929

*Cytherelloidea pulchella* APOSTOLESCU 1959  
 APOSTOLESCU 1959, pag. 802-803; Taf. 1, Fig. 4 - 6

*Cytherelloidea spec. 1* BIZON 1961  
 BIZON 1961, Tab. 2

*Cytherelloidea modesta* APOSTOLESCU 1959  
 APOSTOLESCU 1959, pag. 804; Pl. 1, Fig. 15 - 16

Familie : *Healdiidae* HARLTON 1933

Gattung : *Healdia* ROUNDY 1926

*Healdia telata* DREXLER 1959  
 DREXLER 1959, pag. 507-508; Taf. 21, Fig. 6 a-c  
 Taf. 25, Fig. 10 a-b, Fig. 11

Gattung : *Hungarella* MEHES 1911

*Hungarella hagenowi* (DREXLER 1959)  
 DREXLER 1959, pag. 508-510; Taf. 21, Fig. 8 a-f, Taf. 26, Fig. 1 - 2

*Hungarella spec. B* (APOSTOLESCU 1959)  
 APOSTOLESCU 1959, pag. 817; Taf. II, Fig. 20 - 23

Familie : *Bairdiidae* SARS 1887

Gattung : *Bairdia* MC. COY 1844

*Bairdia fortis* SEILACHER-DREXLER 1960  
 OERTLI 1963 B, Taf. VIII, 1 + 2

*Bairdia molesta* APOSTOLESCU 1959  
 APOSTOLESCU 1959, pag. 806-807; Taf. II, Fig. 31

Gattung : *Bythocypris* BRADY 1888

*Bythocypris elongata* (TATE & BLAKE 1876)  
 DREXLER 1959, pag. 515-516; Taf. 23, Fig. 1 a-f, Taf. 26, Fig. 7-9; Taf. 27, Fig. 1-2

- Familie : *Cyprididae* BAIRD 1950
- Gattung : *Krausella* ULRICH 1894  
*Krausella liasica* DREXLER 1959  
 DREXLER 1959, pag. 517-518; Taf. 23, Fig. 3 a-d
- Gattung : *Paracypris* SARS 1865  
*Paracypris redcarensis* (TATE & BLAKE 1876)  
 APOSTOLESCU 1959, pag. 806; Taf. II, Fig. 32  
*Paracypris semidisca* DREXLER 1959  
 DREXLER 1959, pag. 519-520; Taf. 23, Fig. 4 a-d
- Familie : *Cytherididae* BAIRD 1850
- Gattung : *Procytheridea* PETERSON 1954  
*Procytheridea luxuriosa* APOSTOLESCU 1959  
 APOSTOLESCU 1959, pag. 808-809; Pl. II, Fig. 33 - 36

## 2. 35. 2. Die fazielle Verteilung der Mikrofauna.

Da die Mikrofaunenzahl auch als Maß für die Akkumulationsgeschwindigkeit der Sedimente gedeutet werden kann, sind fazielle Rückschlüsse vor allem aus der Zusammensetzung der Faunengemeinschaft zu erwarten. Um repräsentative Verhältniszahlen zu erhalten, ist eine Mindestzahl von Individuen erforderlich. Deswegen werden hier nur Proben mit mehr als je 100 Foraminiferen oder Ostracoden berücksichtigt.

Die Verhältniszahl Foraminiferen/Ostracoden gibt an, wieviel mehr Foraminiferen als Ostracoden vorhanden sind. Sie ist in jeder Sequenz — siehe Abb. 11 — beträchtlichen Schwankungen unterworfen. In den Eintiefungsphasen herrschen die Foraminiferen stets relativ vor.

Mit steigendem Ca-Gehalt verschiebt sich das Verhältnis oft extrem zugunsten der Ostracoden. Diese Tendenz läßt sich über das ganze Sinémurien I verfolgen.

In den Sequenzen 1, 2 und 3 wird die Verhältniszahl 4 nur ausnahmsweise bei 5.690 erreicht. Sie schwankt in den Zwischenschichten meistens zwischen 1 und 2. Nur in den Kalkphasen liegt die Verhältniszahl unter 1, d.h. hier treten mehr Ostracoden als Foraminiferen auf.

In der Probe 5.375 schnellte die Verhältniszahl auf 7 hoch. Damit treten die Ostracoden für das ganze obere Sinémurien I weiter zurück. Auch in den Kalkphasen vermögen sie trotz einer relativen Zunahme die Foraminiferen nur in 5.200 noch einmal zu überflügeln. Der Übergang zum Lotharingien II zeigt eine allmähliche Abnahme der Verhältniszahl 5 in 5.095 auf 2 in 5.000.

Die Foraminiferenfauna.

Die Zusammensetzung der Foraminiferenfauna wird an Hand von zwei Kriterien besprochen:

- a) die Zahl der Gattungen, die mit mehr als 10% an der Foraminiferengemeinschaft teilhaben,
- b) der höchste Prozentanteil einer Gattung an der Foraminiferenfauna.

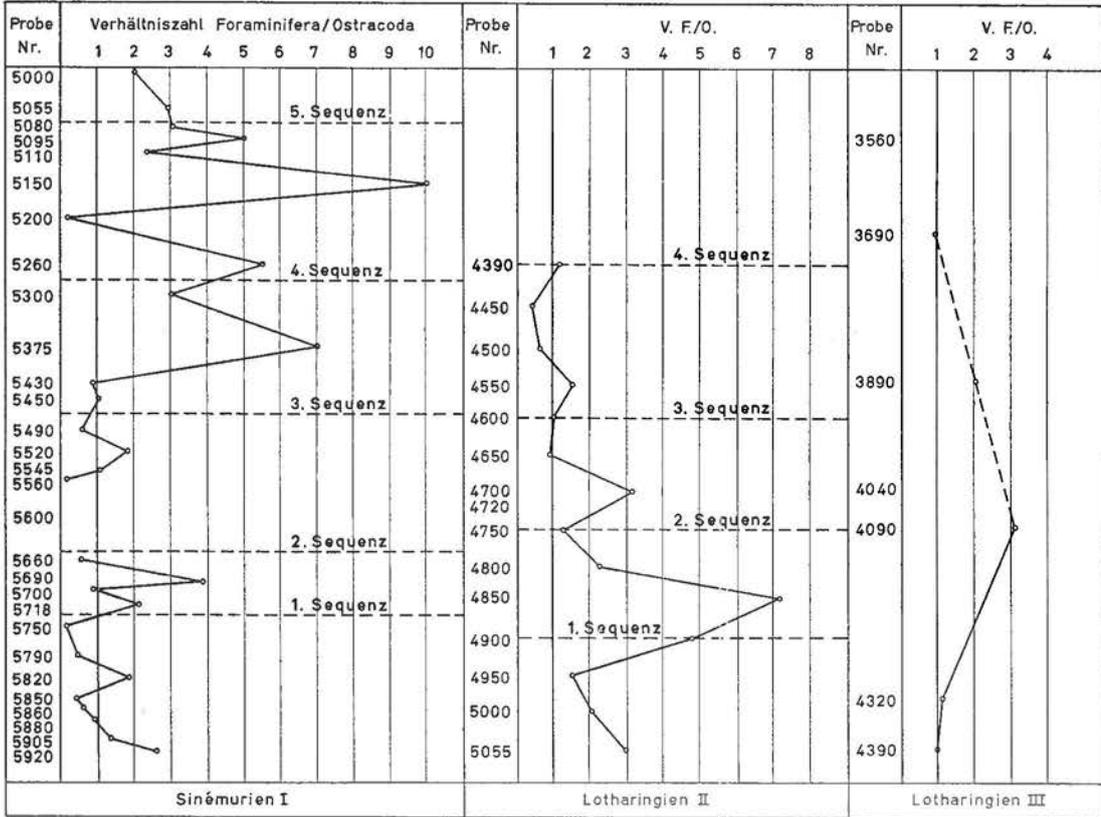


Abb. 11  
Darstellung der Verhältniszahlen *Foraminifera/Ostracoda*

Logischerweise muß zwischen der Zahl der Gattungen und dem Prozentanteil einer Gattung ein grob reziprokes Verhältnis bestehen. Tafelanlage 1 zeigt:

In der Sequenz 1 erreichen mindestens 3 Gattungen und in den Eintiefungsphasen 5.920 und 5.880 jeweils 5 Gattungen den 10%-Anteil aller Formen. Ein Anteil von 30% an der Fauna wird nur zweimal erreicht und zwar von *Nodosaria* in 5.920 und von *Lingulina* in 5.905.

In den Sequenzen 2 und 3 fällt die Zahl der Gattungen mit mehr als 10% auf 3. Dafür steigert sich der Höchstanteil auf 40%, dieser gilt in der Regel für *Lingulina*. *Fronicularia* erreicht diesen Anteil nur in dem Kalk-Vormaximum 5.700.

Die Anfangsphase 5.450 der Sequenz 4 bringt 4 Gattungen mit mehr als 10%. Hierbei entfallen 40% auf *Lingulina*. In 5.375 und 5.300 fällt diese Zahl auf zwei Gattungen, nämlich *Lingulina* mit 60% und *Dentalina* mit 10%.

Die Sequenz 5 sieht in ihrer Anfangsphase 5.260 auch nur zwei Gattungen mit mehr als 10%, und zwar *Lingulina* und *Dentalina* mit je 30%. In den kalkreicheren Schichten beträgt die Zahl der Gattungen drei oder vier, wobei *Lingulina* den 50% Anteil erreichen kann.

Die Ostracodenfauna.

Die Foraminiferen- und Ostracodenfauna verhalten sich in ihrer Zusammensetzung gegensätzlich: Zeigt jene eine bunte Zusammensetzung, wirkt diese völlig eintönig.

In den Sequenzen 1, 2 und 3, jenen mit relativ reichen Ostracodenfaunen, gehören zwischen 60% und 80% aller Formen zu *Hungarella*, während weniger als 30%, im Schnitt nur 10%, zu *Bairdia* oder *Bythocypris* gehören.

In den Sequenzen 3 und 4 nimmt die Ostracodenzahl ab. Hinsichtlich der Verteilung können jetzt bis 5 Gattungen mehr als 10% erreichen. *Hungarella* tritt nur in 5.450 noch mit dem stärksten Anteil von 50% auf. In 5.430 entfällt der Hauptanteil mit 40% auf *Bythocypris*, in 5.375 derselbe Anteil auf *Bairdia*. In 5.095 kann die in diesem Niveau erstmals auftretende *Procytheroidea* mit 24% den Hauptanteil der Formen beanspruchen.

### 2. 35. 3. Die stratigraphische Auswertung der Mikrofaunenverteilung.

Das Auftreten der verschiedenen Formen wird stark vom Sequenzaufbau beeinflusst. Die Schwankungen der Meerestiefe machen sich also offensichtlich in der Verteilung der Mikrofauna geltend. Dem erstmaligen Auftreten von Formen, vorwiegend in den Eintiefungsphasen, kommt jedoch im regionalen Rahmen biostratigraphischer Wert zu. Jede Sequenz bringt eine gewisse Faunenerneuerung mit sich. In den Sequenzen 2 und 3 ist diese Erneuerung derart durchgreifend, daß man im Liegenden und Hangenden von unterschiedlichen Faunengemeinschaften sprechen muß. Die Grenze Sinémurien I - Lotharingien II, die sich im oberen Teil der Sequenz 5 anbahnt, wirkt sich dagegen nicht so prägnant aus.

Die artenärmere Fauna der Sequenz 1 ist durch *Nodosaria columnaris* und *Nodosaria claviformis* gekennzeichnet. Von den höher einsetzenden Formen sind zu erwähnen:

in der Sequenz 2: *Foraminifera* — *Cornuspira orbicula*  
*Saracenaria trigonalis*  
*Dentalina matutina*  
*Vaginulina listi*  
*Frondicularia sulcata*  
*Pseudoglandulina pupoides*

*Ostracoda* — *Healdia telata*  
*Bythocypris elongata*  
*Paracypris semidisca*

in der Sequenz 3: *Foraminifera* — *Nodosaria regularis*  
*Dentalina häusleri*  
*Planularia ornata*  
*Frondicularia dubia*  
*Frondicularia involuta*

*Ostracoda* — *Krausella liasica*

in der Sequenz 4: *Foraminifera* — *Vaginulina an<sup>c</sup>eps*

*Ostracoda* — *Procytheroidea luxuriosa*

im oberen Teil der Sequenz 5:

*Foraminifera* — *Dentalina primaeva*  
*Dentalina funiculosa*  
*Dentalina gladiiformis*

Ostracoda — *Cytherelloidea spec. 1*  
*Cytherelloidea modesta*

Das Bild der Faunenverteilung stimmt mit jenem überein, welches eine Arbeitsgemeinschaft mit COUSIN (1961) für die Gegend von Mézières und Charleville aufgestellt hat. Nach COUSIN u.a. sind die Zonen mit *bucklandi* und *semi-costatum* nach der Mikrofauna eindeutig voneinander zu trennen. Die Fossilliste der *bucklandi*-Zone nennt u.a. *Nodosaria claviformis*. Die *semi-costatum*-Zone setzt mit *Planularia ornata*, *Vaginulina listi* und *Frondicularia dubia* ein.

Die Verteilung der Ostracoden ist leicht abweichend von der unsrigen. COUSIN u.a. (1961 pag. 427) beschränken *C. pulchella* APO. auf die *bucklandi*-Zone, während *P. luxuriosa* in beiden Zonen vorkommt. In der Bohrung FG 11 wurde *C. pulchella* über das ganze Sinémurien I gefunden. *P. luxuriosa* tritt erst ab Sequenz 4 auf.

Aus der Gegend von Nancy und Thionville beschreibt BIZON (1961 pag. 434) ebenfalls aus dem Sinémurien zwei unterschiedliche Faunen. Zu den oben für die *semi-costatum*-Zone genannten Formen fügt er hinzu:

*Frondicularia involuta*  
*Involuta aspera*  
*Dentalina matutina*

Außerdem nennt er zwei Formen: *Dentalina terquemi* und *Dentalina varians*, die in der Bohrung FG 11 im ganzen Sinémurien auftreten, sowie *Dentalina funiculosa*, welche hier bereits auf das Lotharingien hinweist. BIZON nimmt an, daß seine Fauna für den oberen Teil der *semi-costatum*-Zone und damit für die Grenzschichten zum Lotharingien typisch ist.

Eine neuere Arbeit aus jenem Gebiet, die Beiträge zur Stratotypuntersuchung des Lotharingien (DONZE, SIGAL u.a. 1964) bringt, belegt an Hand von mikrofaunistischen Grenzen eine Dreiteilung des Sinémurien s. str. Der älteste Teil entspricht der *C. rotiforme*-Zone, der mittlere Teil mit *Nodosaria metensis* und *Nodosaria columnaris* der *bucklandi*-Zone, der obere Teil mit *Paracypris semidisca* und *Isobythocypris elongata* der *semi-costatum*-Zone.

In der Bohrung FG 11 ist wahrscheinlich die *rotiforme*-Zone mikrofaunistisch nicht belegt. Die Sequenz 1 entspricht in ihrer Mikrofaunenzusammensetzung der lothringischen *bucklandi*-Zone. Die Sequenzen 4 und 5 dürfen mit der gleichen Berechtigung in die *semicostatum*-Zone gestellt werden. Die Sequenzen 2 und 3 zeigen die allmähliche Erneuerung der Fauna. Entsprechend der lithologischen Gliederung der Serie stellen wir die Sequenz 2 in die *bucklandi*-Zone und rechnen die Sequenz 3 bereits zur *semi-costatum*-Zone. In den Kernen der Bohrung FG 11 ist es nicht möglich gewesen, diese Grenze makrofaunistisch zu belegen.

### 2.36. Zusammenfassende Betrachtung.

Das Sinémurien I zeigt Schwankungen des Kalkgehaltes in fünffacher Wiederholung, derart, daß er sich zu einem ersten Maximum steigert, um nach einer anschließenden relativen Abnahme den Höchstwert zu erreichen. Eine solche Schwankung wird als Sequenz bezeichnet.

Die zwei unteren und die drei oberen Sequenzen lassen sich zu je einer Gruppe zusammenfassen, indem sie im Sinne von KLUEPFEL die pulsierende Aufwärtsbewegung des Beckens wiedergeben. Die untere Gruppe ist an Hand der Mikrofauna in die *bucklandi*-Zone zu stellen, die obere Gruppe in die *semi-costatum*-Zone.

Die untere Gruppe zeigt einen klaren Aufbau. Mit steigendem Ca-Gehalt nehmen die P- und Bitumenwerte konform ab. Die in der Anfangsphase noch vorhandene turbulente Sandeinschwemmung baut sich nach oben hin ab. Es entwickelt sich eine mit großen Hungarellen gekennzeichnete, vorherrschende Ostracodenfauna. Auch die Foraminiferen werden großwüchsiger. Insgesamt entspricht die untere Gruppe einem seichten, lagunären Milieu.

Die obere Gruppe verkörpert Ablagerungen eines tieferen Sedimentationsraumes, der auch für die höheren Sequenzen nicht so stark verflacht, wie dies in der liegenden Gruppe der Fall war. Die anfängliche Eintiefung wirkt sich lebenshemmend aus. Im mittleren Teil stellen sich günstige Bedingungen für eine Phosphor- und Mg-Anreicherung ein. Bei insgesamt turbulenteren Strömungsverhältnissen verschiebt sich die Zusammensetzung der kleinwüchsigeren Foraminiferen eindeutig zu Gunsten von *Lingulina*. Diese Kriterien deuten auf ein deltaähnliches Ablagerungsmilieu hin. In der Sequenz 5 macht sich erneut eine stärkere Abschnürung des Beckens bemerkbar, welche an die Verhältnisse in der liegenden Gruppe erinnert.

#### **2.4. Das Lotharingien in der Bohrung FG 11.**

##### **2.41. Die lithologische Ausbildung des Lotharingien.**

###### **2.41. 1. Die Serie II: die lotharingischen Übergangsschichten**

Die Schichtenfolge zwischen 5.080 und 4.540 cm ab Bohrbeginn wurde in Teil I als Serie II zusammengefaßt und als «Lotharingische Übergangsschichten» bezeichnet. Die Schwankungen des Karbonatgehaltes ließen drei Sequenzen erkennen.

Der Name «Übergangsschichten» bezieht sich auf die Verteilung der  $\text{CaCO}_3$ -Gehalte. Diese vermitteln in der Serie II zwischen den höheren Werten des Sinémurien I und den geringeren Werten des Lotharingien III. In der abschließenden Bank des Sinémurien I, der Probe 5.080, beträgt der  $\text{CaCO}_3$ -Gehalt 59%. Das nächste jüngere Maximum stellt sich mit 45% in 4.950 ein. In 4.850 liegt der Höchstwert der Sequenz bei 33% und in 4.650 bei 30%  $\text{CaCO}_3$ . In 4.500 stellt sich mit 19%  $\text{CaCO}_3$  ein Wert ein, der größenordnungsmäßig für die Maxima des Lotharingien III bezeichnend bleibt.

Im Sinémurien I fielen die  $\text{CaCO}_3$ -Gehalte unvermittelt vom maximalen Wert der einen Sequenz auf den minimalen in der folgenden Sequenz. Dieser Bruch in der Karbonatführung wird auf das schnelle Eintiefen des Beckens am Ende der Sequenz zurückgeführt und bedingt den «rhythmischen» Verlauf der Sedimentation. Im Lotharingien II verschieben sich im Unterschied hierzu die Sedimentationszonen allmählich. Sowohl die Eintiefung als auch das Emporsteigen des Beckens sind durch Ablagerungen zu belegen. Die Sedimentation verändert sich im Sinne von BITTERLI (1963) «kontinuierlich» und ruft «zyklische» Sequenzen (LOMBARD 1959) hervor.

Diesen zyklischen Sequenzen ist im Lotharingien II durchwegs eine starke Bitumenführung eigen. Sieht man die erhöhten Bitumenwerte als charakteristisch für die Serie II an, so müßte man das Lotharingien II, unter Hinzufügen einer vierten Sequenz bis zu 4.450 ausdehnen. Wir beziehen hier die vierte Sequenz in unsere Erwägungen mit ein, ohne die ursprüngliche Serieneinteilung, welche auf dem Vorkommen von Kalkbänken beruht, abzuändern. Diese mag sich bei späteren Geländearbeiten als zweckmäßiger erweisen.

Die Abgrenzung der Sequenzen erfolgt je bei 4.900, 4.750 und 4.600. Mit 4.390 bahnt sich der Sedimentationstypus des Lotharingien III an. Die genannten Zwischenschichten gehören je zwei Sequenzen gemeinsam an. Sie zeichnen sich durch minimale  $\text{CaCO}_3$ -Gehalte und maximale Bitumengehalte im Schnitt 0,24% aus. In 4.750, in einer solchen Eintiefungsphase, wird mit 0,34%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , der höchste Phosphorgehalt der Serie festgestellt. In den Sequenzen 2 und 3 stellen sich in diesen Lagen auch die größten Tonanteile ein, und zwar gibt 4.750 die tonreichste Lage der Serie ab. Im Verlaufe der Sequenz baut sich die Tonanreicherung allmählich durch Zufuhr von Grobsilt ab.

Die Anfangssequenz ist leicht abweichend hiervon ausgebildet. Im gleichen Maß wie der in 5.055 errechnete  $\text{MgCO}_3$ -Gehalt von 17% abnimmt, reichern sich die Bitumina und der Phosphor an. Der Phosphorgehalt nimmt mit 0,2%  $\text{P}_2\text{O}_5$  in 5.000 den Höchstwert der Sequenz an. Die Kalkanreicherung in 4.950 bewirkt eine Abnahme des Phosphors, während die Bitumina, hier ausnahmsweise über die  $\text{CaCO}_3$ -Phase hinweggreifend, bis in die Eintiefungsphase 4.900 zunehmen. Die Zufuhr von Grobsilt bleibt in der ganzen Sequenz etwa gleich stark und macht mehr als ein Drittel der schlecht klassierten Klastika aus.

Die vierte Sequenz zeigt in ihrem Aufbau ähnliche Verhältnisse. Bei größerer Zufuhr von Grobsilt baut sich ab 4.600 ein  $\text{MgCO}_3$ -Gehalt von 16% allmählich ab, während erhöhte P-Gehalte sich bei 4.550 und 4.500 einstellen.

Im detritischen Material des Lotharingien II herrschen verkohlte Pflanzenhäcksel vor. Für diese Ablagerungen sind kleine Dornen sehr typisch. Häufig findet man trilete Megasporen. Zudem liegen zahlreiche «verkieste Bakterien» vor.

Die Fossilführung beschränkt sich auf Echinodermatenreste und Belemnitenbruchstücke. In manchen Ablagerungen sind Anaptychen sehr häufig. Dagegen ist diese Serie arm an Großostracoden, Gastropoden, Ophiurenwirbeln oder Fischresten. Glaukonit wurde in diesem Milieu kaum gebildet.

In der Modellvorstellung von HALLAM wird die Schichtenausbildung des Lotharingien II durch das generelle Eintiefen des Beckens erklärt. Diese Abwärtsbewegung erreicht nach zwei zyklischen Pulsationen bei 4.750 ihren tiefsten Betrag. In den folgenden Sequenzen wird ein relatives Verflachen des Meeres bei nachlassender Kalkfällung vermutet. Die hohen Mg- und P-Werte machen geltend, daß das Milieu nicht lebensfeindlich war. Wahrscheinlich zeigte das Meer eine ausgeprägte Stockwerksgliederung. Die eingeschwemmten Pflanzenreste sprechen für eine vorgelagerte Schwelle, die den Sauerstoffaustausch in den unteren Wasserregionen, wo sich die Bitumina anreicherten, hemmten.

## 2.41. 2. Die Serie III: die Unteren Mergel des Lotharingien.

Die Verteilung der Werte des in HCL-unlöslichen Rückstandes spricht für die Grenzziehung zwischen den Serien Lotharingien II und Lotharingien III bei 4.550 cm ab Bohranfang. Da wir jedoch die erhöhten Bituminawerte als besonders typisch für das Lotharingien II ansehen, finden wir es für richtiger, den unteren Teil der Serie III als 4. Sequenz des Lotharingien II zu besprechen. Tatsächlich liegt der Anfangsgehalt der Bitumina dieser Sequenz in 4.600 bei 0,24%. Er fällt alsdann geringfügig in 4.500 auf 0,16% und steigert sich anschließend wieder in 4.390 auf 0,23%. Von diesem neuen Maximum nehmen die Bitumina über 4.320 mit 0,17% schnell auf 0,04% in 4.250 ab. In den jüngeren Schichten des Lotharingien III schwankt der

Gehalt nur geringfügig zwischen 0,02% und 0,09%. Das Lotharingien III zeichnet sich also durch niedrige Bitumenführung aus.

Die Kalkgehalte bleiben im unteren Teil der Serie unbedeutend. Sie übersteigen nur selten 20%. In der abschließenden positiven Phase dagegen treten mehr als 50%  $\text{CaCO}_3$  auf. Diese Kalksandsteine sind im Dünnschliffbild als stark sandige Endoklast-Somatite zu bezeichnen. Der Endoklastanteil macht wenigstens ein Drittel der Volumenanteile aus. Zudem treten bis zu 10% Schalenreste auf. Diese Kalksandsteineinschaltung scheint relativ unvermittelt in der sonst karbonatarmer Serie aufzutreten. Die Sequenzbeschreibung vermag jedoch zu zeigen, daß sie allmählich aus dem Sedimentationsgang dieser Serie hervorgeht.

Die 1. Sequenz beginnt bei 4.390 mit ammonitenführenden Ablagerungen und zeigt hier eine typische Tonsedimentation. Nach oben steigert sich die Grobsiltzufuhr, und in 4.090 treten Sande des Bereiches der uniformen Suspensionen auf.

Auch die 2. Sequenz führt in den tieferen Ablagerungen (3.990) Ammoniten. Hier zeichnet sich das Maximum der Tonsedimentation ab. Die Strömungsstärke nimmt allmählich zu und vermag gröbere Sedimente einzuschwemmen. In 3.840 setzt sich Sand ab, der auch in 3.790 noch nachzuweisen ist.

Mit einem erneuten Vorherrschen der Tonfraktion leitet 3.790 die 3. Sequenz ein. Die Sandzufuhr beginnt allmählich mit 3.600. Hier liegt das Maximum der Zufuhr im Grobsiltbereich. In 3.575 verlagert es sich in den Feinsandbereich, bleibt in 3.570 noch in dieser Kornklasse, zudem wird hier auch Mittelsand geschüttet. Mit 3.570 stellt sich nach dem PASSEGA-Diagramm die stärkste Strömung ein. Diese schwächt sich in 3.560 ab, und sedimentiert einen gut sortierten Feinsand. Mit 3.530 klingt die positive Phase allmählich aus. Die lithologisch monotonere Serie des Lotharingien IV setzt feinstratigraphisch mit 3.500 ein. Der zyklische Verlauf der Sandeinschwemmung kommt in der Histogrammdarstellung - siehe Taf. 5b - klar zum Ausdruck.

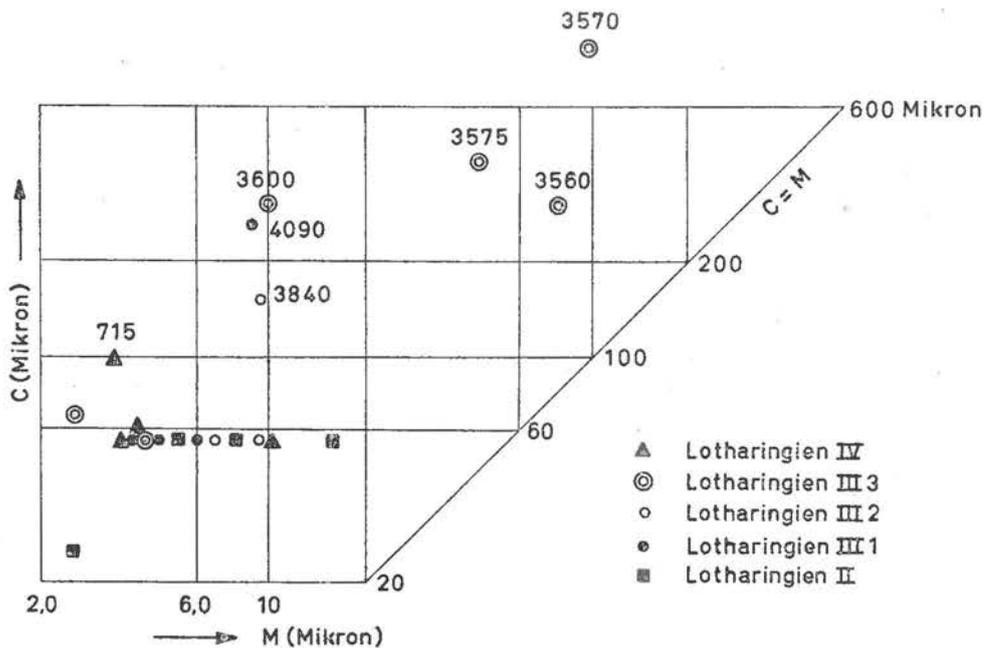


Abb. 7d: C=M-Diagramm des Lotharingien in der Bohrung FG 11

Die Sandzufuhr macht sich erstmals in 4.090 bemerkbar. In 3.840 und 3.790 ist zudem ihr zyklischer Verlauf zu vermuten, der in der abschließenden positiven Phase vollends zur Geltung kommt.

Beachtenswert sind ferner die Mg-Maxima, die jeweils das Ende einer Sequenz betonen. Für die 1. Sequenz beträgt der  $\text{MgCO}_3$ -Höchstwert 8% in 4.090. In der 2. Sequenz wurden 20% für 3.840 titriert und innerhalb der Kalksandsteinbank wurde in der 3. Sequenz 24% bei 3.575 festgestellt. Die Phosphorgehalte lassen, trotz beachtlicher Schwankungen zwischen 0,02 und 0,5%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , keine Untergliederung in Sequenzen erkennen. Der hohe P-Gehalt von 0,5%  $\text{P}_2\text{O}_5$  tritt bei 4.040 auf und scheidet die Serie III.

Im Lotharingien III herrschen im detritischen Anteil meistens Anaptychen weiterhin vor. Pflanzen treten in vielen Proben auf, wenngleich ihr Mengenanteil abnimmt. Insbesondere wurden keine Megasporen mehr gefunden. Auch die Pyritkonkretionen sind merklich weniger geworden. Dagegen sind gut erhaltene Fischzähne in der ganzen Serie anzutreffen.

Im oberen Teil der Serie (3.890, 3.690) fallen viele kleine Turmschnecken an. In 3.560 entsprechen Großostracoden, Ophiurenwirbel und Glaukonit der verstärkten Strömung im Ablagerungsraum.

Das Lotharingien III wurde in einem gut durchlüfteten Sedimentationsraum abgelagert. Die Schwankungen in der Zusammensetzung der Korngrößen spiegeln hier das Sedimentationsgeschehen besser wieder, als die Karbonatfällung. Trotzdem sind Beziehungen zwischen beiden noch erkennbar und vermögen sich in der abschließenden Phase eindeutig auszudrücken.

#### 2.41 3. Die Serie IV: die Oberen Mergel des Lotharingien.

Nachdem die Sandeinschwemmung, welche die Betabank kennzeichnet, allmählich abgeklungen ist, beginnt mit Probe 3.500 die Serie IV, eine 30 m mächtige monotone Tonfolge. Die Karbonatarmut, welche zuerst am HCl-unlöslichen Rückstand von 100 Proben belegt wurde, bestätigt sich weitgehend bei der Titration von 20 Stichproben. Hierbei schwankt der Calciumkarbonatanteil maximal zwischen 9% und 4%, der Magnesiumkarbonatanteil zwischen 5% und 0,7%. Nur die Lage 715, die schon einen kleineren HCl-unlöslichen Rückstand brachte, besteht zu 21,4% aus  $\text{CaCO}_3$ . In Teil I wurde vermutet, daß mit dieser Lage die obere kalkige Fazies des Lotharingien einsetzt.

Auch die Bitumenanteile bleiben gering - kleiner 0,1% - und lassen keine grundlegende Veränderung der Sedimentationsbedingungen erkennen.

Die Phosphorwerte schwanken ziemlich unabhängig von den sonstigen Verteilungsregeln. Mit 0,52%  $\text{P}_2\text{O}_5$  erreicht der Phosphorgehalt bei 3.500 das absolute Maximum der gesamten Schichtenfolge. Ein zweites P-Maximum befindet sich bei 1.690 mit 0,35%  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Bezeichnend für das Lotharingien IV sind Ophiurenwirbel und kleine Muschelschalen, die konstant über das ganze Profil gefunden werden. Die häufigen Pyritkonkretionen weichen in ihrer Form von jenen der älteren Schichten ab, in 3.400 treten bevorzugt Pyrit-Rhomboeder auf. Im oberen Teil sind die Pyritkugeln oftmals völlig glatt.

Die ruhigen Sedimentationsbedingungen des Lotharingien III werden im Lotharingien IV noch mehr ausgeglichen. Nur die Phosphorwerte deuten auf subtile Änderungen der Ablagerungsbedingungen, die allerdings anderweitig nicht zu erfassen sind.

## 2.42. Die Mikrofauna des Lotharingien.

### 2.42. 1. Die stratigraphische Verteilung der Mikrofauna.

Das Lotharingien II bringt in erster Linie die Erneuerung der Ostracodenfauna, während nur wenige Foraminiferen neu auftreten.

Nacheinander erscheinen:

- bei 5.055 *Dentalina tenuistriata* TERQUEM 1866  
BIZON 1960, pag. 9; Pl. 3, Fig. 2; Pl. 4, Fig. 14  
*Dentalina gladiiformis* FRANKE 1936  
FRANKE 1936, pag. 30 - 31; Taf. 2, Fig. 22 a + b  
*Cytherelloidea modesta* APOSTOLESU 1959  
APOSTOLESU 1959, pag. 804; Pl. I, Fig. 15 + 16
- 5.000 *Hungarella mouhersensis* APOSTOLESU 1959  
APOSTOLESU 1959, pag. 805; Pl. III, Fig. 18 + 19  
*Bairdia c.f. hilda* JONES 1884  
DREXLER 1959, pag. 511; Taf. 22, Fig. 1 a + b  
*Procytheroidea undata* APOSTOLESU 1959  
APOSTOLESU 1959, pag. 810; Pl. III, Fig. 45 + 46  
*Procytheroidea vitiosa* APOSTOLESU 1959  
APOSTOLESU 1959, pag. 809; Pl. III, Fig. 47 + 51  
*Lophodentina crepidula* (TATE & BLAKE 1876)  
APOSTOLESU 1959, pag. 814-815; Pl. III, Fig. 52 + 53
- 4.950 *Bythocypris fabaeformis* DREXLER 1959  
DREXLER 1959, pag. 516; Taf. 23, Fig. 2 a-c; Taf. 27, Fig. 3 - 5  
*Krausella ? lanceolata* APOSTOLESU 1959  
APOSTOLESU 1959, pag. 815-816; Pl. IV, Fig. 77  
*Procytheroidea vitilis* APOSTOLESU 1961  
APOSTOLESU u.a. 1961, pag. 399-400; Pl. I, Fig. 1 a-d
- 4.850 *Fronicularia baueri* BURBACH 1886  
FRANKE 1936, pag. 70-71; Taf. 7, Fig. 10
- 4.700 *Polycope c.f. pumicosa* APOSTOLESU 1959  
APOSTOLESU 1959, Pl. I, Fig. 1
- 4.650 *Pseudonodosaria tenuis* (BORNEMANN 1854)  
MAGNE u.a. 1961, Pl. VII, Fig. 10

Das Auftreten dieser Formen bestätigt weitgehend das Einsetzen des Lotharingien. So nennen DONZE u. a. (1964 pag. 612) aus dem unteren Lotharingien von Lothringen *Dentalina funiculosa* und *Fronicularia baueri*. Diese beide Formen sind in Lothringen auch aus dem Sinémurien bekannt. Wenigstens ab der *obtusum*-Zone findet man *Dentalina gladiiformis*, während *Dentalina tenuistriata* für die *raricostatum*-Zone typisch sein soll. Im unteren Lotharingien setzen zahlreiche Ostracoden, die *Procytheroidea triebeli* nahe stehen, neu ein (DONZE u. a. 1964 pag. 614). Nach OERTLI & GROSDIDIER (1961 pag. 461) tritt die Gattung *Lophodentina* erstmalig im Lotharingien auf, und manchen Arten wie *L. crepidula* beschränken sich auf diese Stufe.

Im Lotharingen III verändert sich die Zusammensetzung der Mikrofauna nur geringfügig. Es erscheinen erstmalig:

4.090 *Cytherelloidea spec. L n.sp.*

*Procytheroides multicostata* KLINGLER & NEUWEILER 1959  
KLINGLER & NEUWEILER 1959, pag. 385-86; Taf. 16, Fig. 48-60

3.890 *Vaginulinopsis exarata* (TERQUEM 1866)

DREXLER 1959, pag. 494; Taf. 20, Fig. 14

*Monoceratina cf. striata* TRIEBEL & BARTENSTEIN 1938

DREXLER 1959, pag. 522; Taf. 24, Fig. 3

*Procytheroidea triebeli* KLINGLER & NEUWEILER 1959

KLINGLER & NEUWEILER 1959, pag. 381; Taf. 13, Fig. 11 - 16; Taf. 14, Fig. 17, 18

3.690 *Marginulina interrupta* TERQUEM 1866

FRANKE 1936, pag. 79; Taf. 8, Fig. 9

3.560 *Hungarella etaulensis* (APOSTOLESCU 1959)

APOSTOLESCU 1959, pag. 805-806; Pl. II, Fig. 29, 30

Das Lotharingen IV wird durch das Auftreten von drei neuen Foraminiferenformen gekennzeichnet.

3.400 *Dentalina nuda* FRANKE 1936

FRANKE 1936, pag. 29; Taf. 2, Fig. 18

2.650 *Ammodiscus incertus* (d'ORBIGNY 1839)

DREXLER 1959, pag. 490-491; Taf. 20, Fig. 2

1,020 *Nodosaria subprismatica* FRANKE 1936

FRANKE 1936, pag. 48; Taf. 4, Fig. 7

Die spärliche Fauna ist äußerst konstant in ihrer Zusammensetzung. Bei den Foraminiferen herrschen *Ammodiscus incertus* und *Dentalina nuda* vor. Daneben treten *Lenticulina varians*, *Marginulina interrupta* und *Nodosaria subprismatica* auf. Bei den Ostracoden ist besonders *Hungarella spec. B* häufig.

#### 2.42. 2. Die fazielle Verteilung der Mikrofauna.

Im Lotharingen II klingen die großen Schwankungen der Verhältniszahl *Foraminifera/Ostracoda*, die in erster Hinsicht die *semi-costatum*-Zone kennzeichnen, durch drei progressiv abgeschwächte Foraminiferen-Maxima aus. Im oberen Teil der Serie herrschen die Ostracoden vor.

Das erste Maximum von 7,1 (4.850) wird durch das Überwiegen von *Lingulina* hervorgerufen. Diese erreicht 60% der ausgezählten Foraminiferen in 5.000 und steigert sich in 4.850 auf 78%, wobei *Lingulina* hier die einzige Gattung bleibt, die den 10% Anteil übersteigt. Das zweite Maximum bei 4.700 beträgt 3,1% und wird hauptsächlich durch *Lenticulina* (44%) bedingt. Zudem treten *Marginulina* und *Fronicularia* durch den erhöhten Ca-Gehalt begünstigt mit je 11% auf. *Lingulina* bleibt unterhalb dieses Anteiles. Das dritte Maximum sieht in 4.550 die Foraminiferen im Verhältnis 1,5 nur schwach vorherrschen. Der Hauptanteil der Formen in dem oberen Teil des Lotharingen II entfällt auf *Cornuspira orbicula* (22% in 4.650; 48% in 4.450).

Die im Lotharingen II einsetzende Tendenz bringt in 4.390 bei einem Foraminiferen/Ostracodenverhältnis von 1 *Cornuspira orbicula* zum 79% Anteil der *Foraminifera*. In den jüngeren

Ablagerungen bleibt *Cornuspira* mit 24% in 3.890 und mit 19% der Individuen in 3.690 eine bezeichnende Form der Serie III.

Entscheidend beeinflußt jedoch *Lingulina* die Zusammensetzung der Mikrofauna. Im Verlauf der Serie erhebt sich die Verhältniszahl auf 3,1 in 4.090 und scheint anschließend in etwa stetig auf 0,9 in 3.690 abzunehmen. Der *Lingulina*-Anteil, der stets über 40% liegt, macht diese Entwicklung mit. Sein Maximum von 57% fällt in 4.090 mit der höchsten Verhältniszahl *Foraminifera*/*Ostracoda* zusammen, nimmt anschließend ab und wird in der Betabank unwichtig.

Auf die erhöhten Kalkphasen in 4.090 und 3.560 reagieren *Fronicularia* und *Lenticulina*, indem sie den 10% Anteil überschreiten.

Die Probe 3.400 fällt sowohl durch ihre Mikrofaunenzahl (295) als auch durch die artenreiche Zusammensetzung der Fauna aus dem Rahmen der Serie des Lotharingien IV. Sie steht dem Lotharingien III näher.

Im Lotharingien IV bleiben die Mikrofaunenzahlen (35 - 45), die sich für sechs Stichproben ergeben, durchwegs klein. Hierbei bleiben sowohl das Verhältnis *Foraminifera*/*Ostracoda* = 1 als auch die Zusammensetzung recht konstant. *Ammodiscus incertus* und *Hungarella spec. B* bestimmen unverkennbar diese Serie.

## 2.5. Zum Sedimentationsschema des Sinémurien s.l.

Zieht man den liegenden Luxemburger Sandstein in die folgenden Betrachtungen mit ein, so durchteufte die Bohrung FG 11 von unten nach oben vier verschiedene Sedimentationstypen: die Sandschüttung, die rhythmischen Ablagerungen von Ton-Mergel-Kalk-Folgen, die zyklische, stärker bituminöse Ton-Mergel-Serie und die abschließenden, gleichförmigen Tonablagerungen.

Obschon die vorliegende Arbeit nicht auf das Problem des Luxemburger Sandsteines eingehen kann, so mußten wir doch diesen Fragenkomplex in sedimentologischer und stratigraphischer Hinsicht immer wieder anschnitten, und der dritte Teil der Arbeit wird noch ausführlicher hierauf zurückkommen. Für die folgenden Erwägungen wird es ausreichen, den Luxemburger Sandstein im Gebiet der Bohrung FG 11 als eine, von den Schichtungsmerkmalen her, einförmige Ablagerung zu bezeichnen. In der Bohrung FG 11 konnte die den Sandstein abschließende negative Phase, «surface taraudée», nicht eindeutig nachgewiesen werden. In der erwähnten Bohrung Itzig endet der Sandstein mit einer cm-starken pyritisierten Grobsandschicht, die von Bohrgängen durchsetzt ist. Die «surface taraudée» ist zwar nicht unbedingt als Emersionsfläche zu denken, sie belegt jedoch einen Sedimentationsstillstand bei geringer Wassertiefe, während dem sich zahlreiche Organismen auf dem Sandstein ansiedeln. Stärkere Strömungen kolkten die Oberfläche ein und führten Sandsteinbrocken rollend mit sich weg.

Wir haben gesehen, wie im Sinémurien sich solche Flächen allmählich im Laufe der Sequenz herausbilden, um am Ende der Gruppe besonders stark hervorzutreten. Die verschiedenen Sequenzen folgen nach ruckartiger Eintiefung des Sedimentationsraumes aufeinander. Diese Eintiefung ist besonders durchgreifend zwischen der unteren und oberen Schichtengruppe.

Im Lotharingien II sind Auf- und Abwärtsbewegungen des Beckens nachzuweisen. Die Kalkphasen sind nicht mehr so ausgeprägt wie in der liegenden Serie I. Eigentümlicherweise lösen allmähliche, zyklische Bewegungen die rhythmischen derart ab, daß die Bewegungen sich

spiegelbildlich zur Schicht 4.750 verhalten. So steigt das Becken am Ende der Serie wieder hoch, wenngleich bei nachlassender  $\text{CaCO}_3$ -Fällung.

Im Lotharingien III sprechen Korngrößenzusammensetzung, Mikrofaunenverteilung sowie Phosphoranreicherung für eine Eintiefung von 4.040 bis 3.990 und eine anschließende Verflachung, welche zur Betabank hinführt. In dieser Serie geben weder die  $\text{CaCO}_3$ - noch die Bitumengehalte eindeutige Kriterien zu einer Sequenzgliederung ab.

Im Lotharingien IV fallen zwei Phosphormaxima auf. Das erste — und absolute Maximum der ganzen Schichtenfolge — bei 3.500 schließt sich an die Sandschüttung der Beta-Bank an, das zweite tritt bei 1.690 auf. Das Durchhalten von *Hungarella* über die ganze Serie spricht für geringe Beckentiefe. Die Zahl der untersuchten Proben reicht zu einer eingehenderen Deutung nicht aus. Die Gliederungskriterien sind jedenfalls wesentlich unschärfer geworden.

Die allmähliche Abnahme des Kalkgehaltes, sowie das allmähliche Vorherrschen der Tone von den liegenden zu den hangenden Serien, läßt an klimatische Ursachen denken. Nun wissen wir aber, daß sämtlichen Serien der Bohrung FG 11 weiter nach NW sandige Ablagerungen entsprechen. NW von Steinfort ist das ganze Sinémurien sandig ausgebildet, und noch weiter nach NW tritt im Lotharingien der «grès de Virton» auf. Zwar sind diese Sandsteine stärker durch Sedimentationsunterbrechungen gegliedert, im wesentlichen unterscheiden sie sich jedoch nicht von der Ausbildung des Luxemburger Sandsteins in der Gegend der Bohrung FG 11. Die klimatischen Veränderungen im Verlauf des Sinémurien s. l. konnten also nur geringfügig gewesen sein, vielmehr muß man die Ursache der unterschiedlichen Serienausbildung in der progressiven Entfernung der Sandschüttung von der Bohrung FG 11 sehen. Es ist möglich, daß diese Entfernung zeitweise auch eine größere Eintiefung bedingte. Dies ist aber weder am Ende des Lotharingien III, wenn die z. T. oolithische Beta-Kalksandsteinbank abgelagert wird, noch am Ende des Lotharingien IV mit der Sedimentation von eisenoolithischen Kalken wahrscheinlich.

Unserer Modellvorstellung in Abb. 2 entsprechend, liegt die Bohrung FG 11 nacheinander:

1. Mit den sandigen Sedimenten im landnahen Becken;
2. Mit den Sinémurien I Ablagerungen in der Schwellenregion, allerdings nicht bei extremer Ausprägung;
3. In dem landferneren Becken, wo sich die bituminösen Sedimente des Lotharingien II abgelagern. Hier wird der Sauerstoffaustausch sowohl landwärts durch die erwähnte Schwelle, als auch meerwärts durch eine vorgelagerte Schwelle gehemmt;
4. In einem besser durchlüfteten Becken, in dem sich die Mergel und Tone des Lotharingien III und IV absetzen. Die meerwärts gelegene Schwelle taucht im Lotharingien III allmählich ab, oder das Sedimentationsbecken hat sich vor die Schwelle verlagert.

Nach dem Gesetz von der Korrelation der Fazies müßten die Serien die in der Bohrung FG 11 zeitlich aufeinanderfolgen, zu einem bestimmten Zeitpunkt auch räumlich nebeneinander vorkommen können. Wir wissen, daß dies im Sinémurien s. str. der Fall war, da zur Ablagerungszeit der Mergel-Kalksequenzen des Sinémurien I bei Arlon Sand sedimentiert wurde. Entsprechend müßte man zur Ablagerungszeit der oberen Mergel im Lotharingien IV auf einer SE-NW Linie, nacheinander den Ablagerungsraum der Serie III, der Serie II, der Serie I und schließlich der Sandsedimentation vorfinden. Diese Erwartung kann sich vorerst nur auf wenige

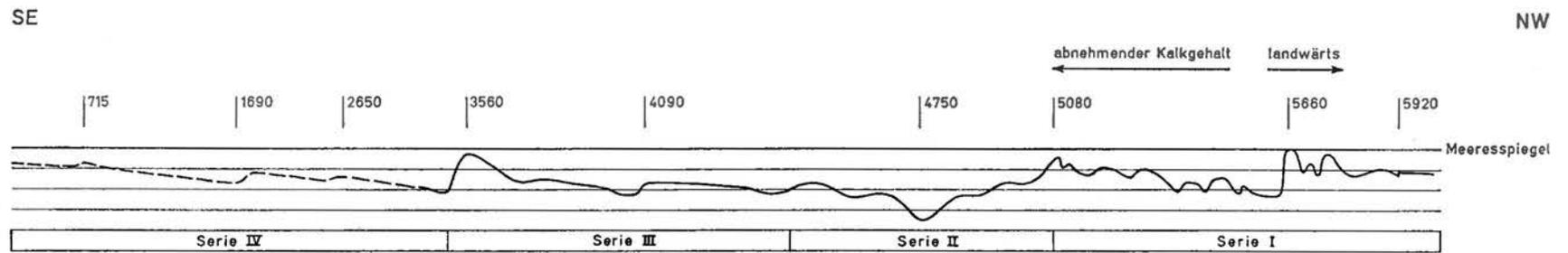


Abb. 12: Die Entwicklung des Sedimentationsraumes im Bereiche der Bohrung FG 11  
gleichzeitig: hypothetische Faziesverteilung des Lotharingen IV

Geländebeobachtungen stützen. Es dürfte jedoch für spätere Untersuchungen anregend sein, den Sedimentationsbefund der vorliegenden Arbeit räumlich zu veranschaulichen, indem wir die Serien durch entsprechende, nebeneinanderliegende Ablagerungsräume ersetzen. Vertikale Pulsationen werden sich in allen vier Sedimentationsräumen auswirken. Der Raum I reagiert mit rhythmischer Kalkfällung am sensibelsten. Die positiven Gesteinsphasen überwiegen die passiven. Meerwärts gehen diese Bewegungen im Raume II in zyklische über und werden zudem durch Schwankungen in der Bitumenführung betont. Die passiven Phasen sind mächtiger als die aktiven. Im Raume III und im stärkeren Maße im Raume IV klingen diese Bewegungen allmählich aus. Sie sind noch durch die Korngrößenzusammensetzung und den Phosphorgehalt zu erfassen. Die passiven Gesteinsphasen herrschen vor.

## TEIL III Auswertung

### 3. Beiträge zur Stratigraphie des Sinémurien s.str. in Luxemburg.

#### 3.1. Die Bohrung FG 11 und die Ausbildung des Sinémurien s.str. in Luxemburg.

Im zweiten Teil dieser Arbeit wurden für die Bohrung FG 11 die Mergel und Kalke von Strassen = Sinémurien s. str., welche mit scharfer Untergrenze dem Luxemburger Sandstein auflagern, gegen die jüngeren Serien des Lotharingien abgegrenzt. Die faziellen und paläontologischen Merkmale gliedern die Kalke und Mergel von Strassen in zwei Gruppen. Zu der unteren Gruppe sind zwei Sequenzen und zur oberen Gruppe drei Sequenzen zu stellen.

Bevor wir auf die Ausbildung des Sinémurien s. str. im übrigen Luxemburg eingehen, scheint es uns zweckmäßig, erst den Werdegang, der zum heutigen Begriff der Kalke und Mergel von Strassen geführt hat nachzuzeichnen, um hiermit auch der Fülle an stratigraphischen Kenntnissen, die sich im Laufe eines Jahrhunderts ansammelte, einigermaßen gerecht zu werden. Zum andern soll ein zweites Teilkapitel auf die zeitliche Verschiebung der Obergrenze des Luxemburger Sandsteines, soweit es für die folgenden Überlegungen unerlässlich ist, eingehen.

Wir nehmen vorweg, daß Aussagen über die Horizontbeständigkeit, der in Teil II abgegrenzten Einheiten in dieser Arbeit noch nicht zu erwarten sind. Die Informationen über die aufgenommenen Gelände-Profile sind noch unvollständig. Vor allem ist aber die Zahl der Aufschlüsse dafür zu gering. Zudem sind sie wegen der geringen Verwitterungsbeständigkeit der Gesteine vergänglich. Deshalb wird der feinstratigraphische Befund der zur Zeit bekannten Aufschlüsse für eine weitere Bearbeitung hier niedergelegt.

#### 3.11. Die Entwicklung der Begriffe «Sinémurien» d'ORBIGNY 1850 und «Mergel und Kalke von Strassen» DUMONT 1852.

1842

unterscheidet DUMONT in seinem mittleren Lias, welchen er auch als «Sable et Grès de Luxembourg» bezeichnet, vier Einheiten. Diese sind von oben nach unten:

Sable Supérieur = Oberer Sand;  
Calcaire argileux et Marne = Tonige Kalke und Mergel;  
Grès et Calcaire = Sandsteine und Kalke;  
Sable Inférieur = Unterer Sand.

Die «Sandsteine und Kalke» entsprechen dem Luxemburger Sandstein, die «Tonigen Kalke und Mergel» den Kalken und Mergeln von Strassen, der «Obere Sand» dem Sandstein von Virton. Die stratigraphische Stellung der Sandsteine von Luxemburg und von Virton ist DUMONT im wesentlichen jedoch unklar gewesen. Er beschrieb die «Tonigen Kalke und Mergel»

petrographisch wie folgt: «Le calcaire est plus ou moins argileux, subcompacte et d'un gris bleuâtre; il alterne avec la marne de même couleur et quelques fois jaunâtre. Ces deux roches se font surtout remarquer par la grande quantité de gryphées arquées qu'elles renferment.

*Le calcaire argileux dans certaines localités, contient un peu de sable et passe à un macigno subgrenu, gris bleuâtre ou gris jaunâtre, pointillé de grains noirs de matière charbonneuse. Ce macigno alterne aussi avec des lits de marne» (pag. 19).*

1850

prägt d'ORBIGNY den stratigraphischen Begriff der Stufe. Den unteren, mittleren und oberen Lias belegte er mit folgenden Namen:

Sinémurien, Liasien und Toarcien. «Das Wort Lias hatte schon, ehe sich d'ORBIGNY desselben bediente, in den geognostischen Schriften eine zu bestimmte Bedeutung gewonnen, als daß es ihm erlaubt gewesen wäre, dasselbe in beschränkterem und verändertem Sinne auf eine seiner Etagen zu übertragen», schreibt A. OPPEL (1856-58) und fährt fort: «Um deshalb diesen Übelstand zu beseitigen, habe ich an Stelle der d'ORBIGNY-schen Bezeichnung den Namen einer schwäbischen Lokalität beigezogen, in deren Umgebungen die Etage des mittleren Lias deutlich und schön vertreten ist. Ich werde künftighin den Ausdruck Pliensbach-gruppe oder Pliensbachien an Stelle des früheren Liasien gebrauchen».

Was das Sinémurien anbelangt, schreibt d'ORBIGNY (1850):

«J'ai fait dériver ce nom (Sinémurien) de la ville de Sémur où se trouve le meilleur type, un gisement que je puis regarder comme étalon, c'est-à-dire pouvant toujours servir de point de comparaison». Nun ist aber in Sémur das untere Hettangien unvollständig, und das obere Sinémurien, das heutige Lotharingien, nur durch einige dm Phosphatknollen vertreten. Diese beiden Punkte werden die Namengebung im unteren Lias entscheidend beeinflussen.

1857

gibt DEWALQUE die klassische Definition der Kalke und Mergel von Straßen:

«L'étage auquel nous conservons le nom de marne de Strassen a été décrit par M. STEININGER sous le nom de calcaire à gryphites (1828) et reconnu supérieur au grès; ce n'est donc pas l'étage désigné sous ce dernier nom par BOBLAYE (1829) et par M. d'OMALIUS (1835). C'est le calcaire argileux et la marne formant la troisième assise du grès de Luxembourg de DUMONT (1842) et de M. d'OMALIUS d'HALLOY (1842). M. DE BENNINGSEN-FOERDER (1843) reconnut de même sa position sur le grès de Luxembourg. Plus tard DUMONT le sépara nettement du grès sous le nom de marne de Strassen (1849), puis sous celui de calcaire argileux et marne de Strassen (1852), dénomination qui lui a été conservée par M. d'OMALIUS (1853) et par nous (1854). Nous l'avons décrit avec mon ami CHAPUIS (1851), sous le nom de marne de Strassen que nous conservons comme plus court et partant, plus commode (pag. 46-47)». Die Abgrenzung der Kalk-Mergel-Serie geht also auf DUMONT (1849) zurück und ist somit älter als die Bezeichnung Sinémurien.

Die petrographische Beschreibung bei DEWALQUE (1857 p. 42) schließt sich an jene von DUMONT an und ergänzt sie folgendermaßen:

«Elle (der Mergel) forme des couches épaisses, alternant avec du calcaire ... compacte, rarement lamellaire, tenace à cassure conchoïde ou inégale, contenant 10 à 18% d'argile: ce calcaire forme des bancs de quinze à quarante centimètres d'épaisseur».

Die Fossiliste führt u. a. *Belemnites acutus* MILLER  
*Ammonites bisulcatus* BRUG.

*A. conybeari* SOW.  
*sinemuriensis* d'ORB.  
*kridion* HEHL

*Spirifer walcotti* SOW.

*Pentacrinus tuberculatus* SCHL.

«*Les Belemnites acutus, le Spirifer Walcotti et le Pentacrinus tuberculatus caractérisent tout spécialement la partie supérieure du Lias inférieur à Ostrea arcuata*» (DEWALQUE op. cit. pag. 42).

Das eingehende Studium der Fauna ermöglicht DEWALQUE die Datierung des Luxemburger Sandsteins, ein Problem, an dem die Gliederung von DUMONT (1842) gescheitert war. So hebt DEWALQUE (op. cit. pag. 35) hervor, daß der Sandstein wenigstens über zwei Zonen hinweggreift, die *angulata*- und die *bucklandi*-Zone, und daß dem oberen Luxemburger Sandstein aus Belgisch Luxemburg, im Großherzogtum die Kalke und Mergel von Strassen entsprechen.

Stratigraphisch werden die Kalke und Mergel von Strassen ins Sinémurien eingestuft (DEWALQUE op. cit. pag. 10). Die Beta-Tone und der korrelate Sandstein von Virton werden zum mittleren Lias gestellt, da im Sinémurien von Sémur kein Platz für sie ist. Bereits 1856 hat jedoch A. OPPEL auf ihr unterliassisches Alter aufmerksam gemacht.

1862

veröffentlichen TERQUEM & PIETTE eine zusammenfassende Studie über den unteren Lias im NE-Teil des Pariser Beckens. Der untere Lias wird in vier Biozonen gegliedert: für diese sind von oben nach unten bezeichnend:

*Belemnites brevis*,  
*Ammonites bisulcatus*,  
*Ammonites angulatus*,  
*Ammonites planorbis*

TERQUEM & PIETTE (op. cit. pag. 331) nehmen an, daß *Gryphaea arcuata* auf die zwei oberen Zonen beschränkt ist und fassen diese als Gryphitenschichten zusammen. Parallel dazu wird der Begriff Mergel von Strassen gebraucht und explizit als «*couches formées de bancs à A. bisulcatus et Belemnites brevis* (pag. 393)» bezeichnet. Ihre Ausbildung wird als faziell sehr unterschiedlich geschildert. In Hettange liegt ein gelblicher Sandstein mit Zwischenlagen von Mergeln vor; aus Dalheim wird ein kalkiger Sandstein beschrieben, dieser ist grau, in einzelnen Hohlräumen befinden sich Tonreste mit Cardinien; in Breistroff, in Luxemburg und in Strassen handelt es sich um Mergel, in dem blaue Kalkbänke auftreten. Dieselbe Ausbildung herrscht im Dreieck zwischen Kédange, Welfringen und Hettange vor. Hier sollen Mächtigkeiten von wenigstens 40 m auftreten (op. cit. pag. 338).

1864

schlägt RENEVIER für die Schichten, die in Hettange-Grande über der *Avicula-contorta*-Zone liegen, den Stufenbegriff Hettangien vor. Er schätzt, daß Hettange «*le gisement le plus remarquable du point de vue paléontologique*» sei. Er kam zu diesem Urteil nach MAUBEUGE (1960 pag. 186) eher aus den klassischen Monographien von TERQUEM und TERQUEM & PIETTE (siehe oben), als daß er selbst Hettange-Grande eingehend gekannt hätte. Hettange-Grande liegt auf der auskeilenden Sandlinse, die den größeren Teil des Golfes von Luxemburg bedeckt. Die Mächtigkeit des Sandsteines, die in Luxemburg-Stadt 80 m übersteigt, fällt in Hettange auf etwa 40 m ab.

GUERIN u. a. (1961 p. 283) geben folgende Beschreibung des Stratotyps: «*Autour d'Hettange-Grande, l'Hettangien commence donc au toit des marnes de LEVALLOIS par des marnes-calcaires, se prolonge vers le haut par des grès calcaires et se termine par la formation gréseuse qui seule affleure*». Das Hettangien umfaßt die Zonen mit *Psiloceras planorbe* und *Schlotheimia angulata*.

KLUEPFEL (1920 pag. 369, Fig. 3) hat in der Typuslokalität Hettange zwischen dem Luxemburger Sandstein und der sandigen Fazies der Gryphitenschichten eine Emersionsfläche mit mächtigen Geröllen beschrieben. Diese Fläche, welche nach MAUBEUGE (1960 p. 190) wichtige epirogene Bewegungen widerspiegelt, bildet hier die Grenze Hettangien/Sinémurien. Dies ist um so mehr berechtigt, da in der ersten Bank der Gryphitenschichten *Vermiceras*, *Primarietites*, *Paracoronicer* und *Metophioceras* auftreten (MAUBEUGE op. cit.).

1887

bezeichnet VAN WERVEKE in den Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte der südlichen Hälfte des Großherzogtums Luxemburg die Kalke und Mergel von Strassen als Obere Mergel und Kalke. In der Umgebung von Luxemburg werden die Ortschaften: Strassen, Bartringen und Merl als Aufschlußpunkte genannt. Hier wurden die Kalke zum Brennen gebrochen. In der Fossiliste werden geführt: *Am. Bucklandi* Sow. und *Belemnites brevis* BLV.

1910

schlägt E. HAUG den Begriff Lotharingien vor. «*La partie supérieure du Lias inférieur tire précisément son nom de la Lorraine, où il est particulièrement bien développé*». «HAUG faßte als «Lotharingien» die folgenden Ammonitenzonen auf:

Oben: Zone des *Echioceras raricostatum* oder des *Oxyntoceras oxynotum*;

Mitte: Zone des *Asteroceras obtusum*;

Unten: Zone des *Asteroceras turneri* oder des *Deroceras birchi*.

Vom paläontologischen Standpunkt aus ist die Abgrenzung des Lotharingien durch HAUG wohl begründet, denn mit *Microderoceras birchi* (SOW.), *Promicroceras capricornoides* (QU.) erscheint im Lias ein neues Ammonitengeschlecht: die *Eoderoceratidae*.

Eine weitere Unterteilung des Sinémurien ist aber unbedingt notwendig, da es die größte Anzahl von Ammonitenzonen (6) und Ammonitensubzonen (17) von allen Stufen des westeuropäischen Lias überhaupt einschließt» (HOFFMANN 1964 pag. 135-136).

1948

erscheint das untere Sinémurien auf der Geologischen Spezialkarte von Luxemburg als «Marnes et Calcaires de Strassen». Im Erläuterungsband gibt LUCRUS (1948 pag. 157) dem Überbegriff Arietenschichten - li 3 - den Vorzug, erwähnt jedoch, daß die Bezeichnung «Kalke und Mergel von Strassen» auf die typische Ausbildung in der Nähe dieser Ortschaft hinweist.

1960

anlässlich des Colloque du Lias français, betont HORON (1961 pag. 7): «*Nous précisons que nous appellerons Sinémurien, le Sinémurien sensu stricto (de bas en haut: Zones à *Coroniceras rotiforme*, à *G. bucklandi* et à *Arnioceras semicostatum*) et Lotharingien, la partie supérieure du Sinémurien au sens large (de bas en haut: Zone à *Asteroceras obtusum*, à *Oxyntoceras oxynotum* et à *Echioceras raricostatum*)*».

Bei derselben Gelegenheit und später auch auf dem Colloque du Jurassique berichten MOUTERDE & TINTANT (1961 + 1964) über Revisionsuntersuchungen des Sinémurien, die

sich insbesondere für das Lotharingien auf die weitere Umgebung von Sémur ausdehnten, und die zur Festlegung eines Lectotyps führten. Die Schichtenfolge des Sinémurien ist demnach allgemein an der Eisenbahnlinie von Sémur nach Avallon in den Einschnitten zwischen Leurey und Ménétou festgelegt. Das Bezugsprofil zeigt von unten nach oben:

1. Die Zone mit *Coroniceras rotiforme*. Gesamtmächtigkeit: 1,80 m. Es treten in diesem Abschnitt keine Gryphäen auf. An der Basis führt ein 0,70 m starker Horizont *Vermiceras*. In den oberen 1,10 m tritt *Coroniceras rotiforme* auf.
2. Die Zone mit *Arietites bucklandi*. Gesamtmächtigkeit: 2 m. *Gryphaea arcuata* ist hier sehr häufig, ebenso Arieten, von denen man im oberen Teil Großformen findet.
3. Die Zone mit *Arnioceras semicostatum*. Gesamtmächtigkeit: 2,40 m. An der Basis liegt ein 1 m starker Horizont mit *Agassiceras scipionianum* d'ORB. In einem mittleren, 0,40 m starken Horizont, findet man neben *Euagassiceras sauzeanum* d'ORB. auch Großarieten, die *bucklandi* noch nahe stehen. Im oberen Abschnitt (1 m) sind Arniocerasformen sehr zahlreich. In einigen Bänken findet man Phosphatknollen, die eine Reduktion der Schichtenfolge andeuten.
4. Die Zonen mit *Asteroceras obtusum*, *Oxynoticeras oxynotum* und *Echioceras raricostatum* bestehen an der Basis aus wenigen dm Kalkstein, welcher mit einer Lage von Phosphatknollen abschließt. Die Kalke führen außer schwierig zu bestimmenden Ammoniten kleine Exemplare von *Gryphaea cymbium* LAM. Gegen Westen und Süden wird das Lotharingien etwas mächtiger.

1962

anlässlich des Colloque international du Jurassique kommt MAUBEUGE (1964 p. 131) mit folgendem Vorschlag auf die ursprünglichen Vorstellungen d'ORBIGNYS zurück:

«Il y a un étage Sinémurien avec un stratotype défini au Colloque du Lias français. Sa partie inférieure, absente à Sémur, est le sous-étage Hettangien, défini à Hettange; sa supérieure, le sous-étage Lotharingien, est défini en Lorraine centrale, près de Nancy (j'ai souligné combien les coupes en Lorraine étaient sujet à des variations de détails importants). Le Sinémurien s. str. est réduit à quelques zones paléontologiques».

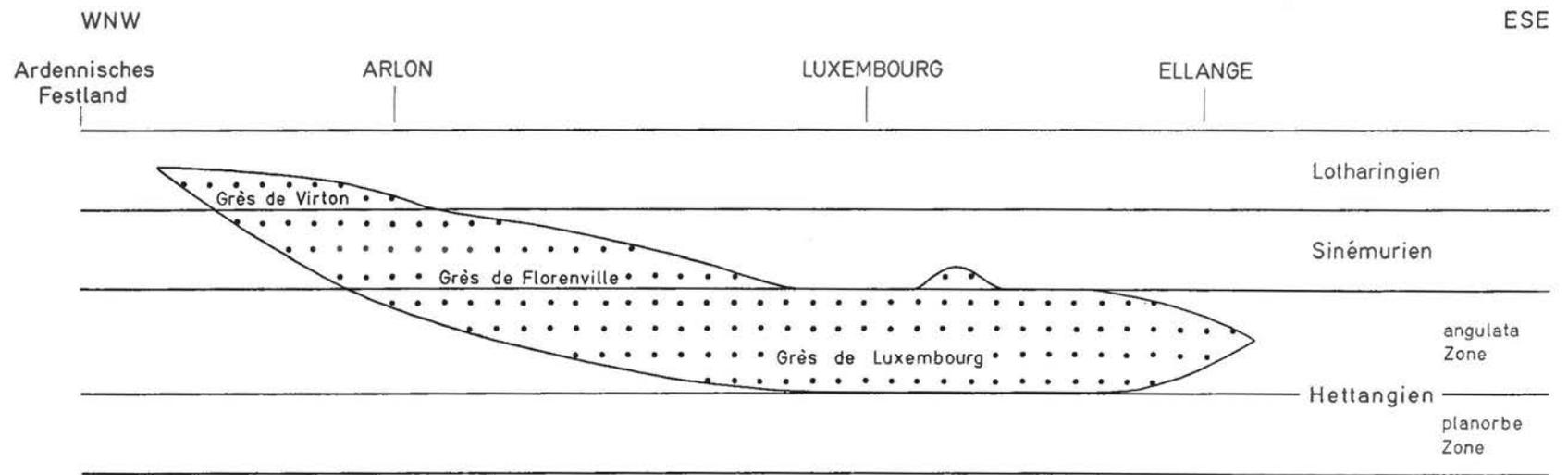
### 3.12. Über den Sandsteinkörper im Unteren Lias von Luxemburg.

An dieser Stelle ist auf die eingehende Untersuchung des Luxemburger Sandsteines durch den Leiter des Geologischen Dienstes von Luxemburg, Dipl. Ing. Geol. J. BINTZ hinzuweisen. In mühsamer Kleinarbeit ist BINTZ dabei, Steinbruch um Steinbruch zu erfassen. Wir durften in mehreren gemeinsamen Begehungen viele Sandsteinaufschlüsse vor allem im NW von Luxemburg kennen lernen. Des Verfassers Anschauungen zur Entwicklung des Luxemburger Sandsteines in dieser Gegend konnten sich hierbei wesentlich erweitern.

J. BINTZ, der mir freundlicherweise das Bohrgut FG 11 überließ und die Untersuchung in vielen Hinsichten tatkräftig unterstützte, zeigte auch bei der Auswertung kritische Anteilnahme. Dieser Art entwickelten sich beide Arbeiten im gegenseitigen Interesse. Für die vielen wissenschaftlichen Gespräche, auch für solche, die über den Rahmen des unteren Lias hinausgingen, sei ihm hier freundschaftlich gedankt.

BINTZ & MULLER (1966) geben eine zusammenfassende Darstellung zum Problem des Luxemburger Sandsteines. Der Sachverhalt ist am besten in einem SE-NW Profil Ellingen-Hesperingen-Luxemburg-Strassen-Steinfurt — siehe Abb. 13 — zu schildern. Nur im SE Luxemburgs findet man im unteren Lias durchgehende Sedimentation in schwäbisch-lothringischer Fazies. NW einer Linie Emeringen-Ellingen setzt die sandige Fazies, die man als Luxemburger Sandstein bezeichnet, ein. Sie nimmt schnell an Mächtigkeit zu und mißt in Luxemburg-Stadt über 80 m. Die Linien gleicher Mächtigkeit sind generell NE-SW ausgerichtet und zeichnen eine Linse nach, die der ardennischen Liasküste vorgelagert ist.

Abb. 13: Der Sandsteinkörper im Unteren Lias von Luxemburg



Eine Sedimentationsunterbrechung betont in der Regel die Faziesgrenze des Sandsteines zu den überlagernden Mergeln und Kalken. Während dieses Sedimentationsstillstandes bildet sich auf der Oberfläche des Sandsteines die schon geschilderte «surface taraudée» aus.

Im SE Luxemburgs, zwischen Bous und Weltringen, liegt diese «surface taraudée», die den hier 5 m mächtigen Sandstein abschließt, innerhalb der *angulata*-Zone (MULLER 1966). NW von Ellingen, im klassischen Steinbruch Wouer, wo der Sandstein 12 m mißt, zeigt die Dachfläche mehrere Abdrücke von *Schl. angulata* (FEUTH 1965). Zwischen Ellingen und Hesperingen steigt mit zunehmender Mächtigkeit des Sandsteines die lithologische Grenze zur Mergel-Kalkserie stratigraphisch höher und fällt ESE von Hesperingen mit der stratigraphischen Grenze Hettangien/Sinémurien zusammen. Nach DEWALQUE (1854) greift in Hesperingen der Luxemburger Sandstein ins Sinémurien hinein. Aber in Luxemburg-Stadt, ebenso in der Gegend von Strassen und Mamer, folgt die «surface taraudée» wieder der Grenze Hettangien/Sinémurien (LUCIUS 1948). Erst an der belgischen Grenze, etwa ESE von Steinfort, findet man sowohl *Sch. angulata* als auch *A. bucklandi* im Luxemburger Sandstein. Die abschließende «surface taraudée» liegt hier innerhalb des Sinémurien.

In einem SE-NW Profil, also senkrecht zur angenommenen Lias-Küste, ist die abschließende «surface taraudée» nicht synchron. Wahrscheinlich setzt sich der Sandsteinkörper aus einzelnen Linsen zusammen, die je mit einer nicht synchronen «surface taraudée» abschließen. Sie lösen einander von SE nach NW ab und erwecken so den Anschein einer durchgehenden Dachbank, deren Alter von SE nach NW jünger wird. Zu diesem Schluß kommt man vor allem im westlichen Gebiet, in dem Teil des Luxemburger Sandsteines, welcher Sinémurien-Alter hat. Hier zeigt der Sandstein mutmaßlich dieselben Rhythmen wie die Mergel-Kalkserie und entsprechend mehrere «surfaces taraudées».

Für die Mergel und Kalke von Straßen gibt es zwei Formen der Auflagerung. Entweder sind die Einheiten der Serie nicht synchron und folgen in gleicher Ausbildung der Dachbank des Luxemburger Sandsteines, oder aber die einzelnen Einheiten stoßen gegen die Dachbank ab.

### 3.2. Die Mergel und Kalke von Straßen im Gebiet der «Normalen Faziesentwicklung».

«Im Gebiet der normalen Entwicklung im mittleren Teil des Luxemburger Landes umfaßt die Mergel- und Kalkfazies der Arietenschichten die OPPELSCHEN ZONEN des *Arietites bucklandi* und des *Belemnites brevis* (LUCIUS 1948 pag. 158)». In dieser Gegend sollte die «surface taraudée» also mit der Grenze Hettangien/Sinémurien zusammenfallen. Wir wissen aus dem vorhergehenden Kapitel, daß dies SE und NW von Hesperingen der Fall ist, in Hesperingen sollte der Luxemburger Sandstein bekannterweise bis in die *bucklandi*-Zone reichen. Im folgenden werden erst die SE- und anschließend die NW-Vorkommen beschrieben.

#### 3.21. Das Gebiet der Bohrung FG 11.\*

Die Aussagen der im SE Gebiet stehenden Bohrung FG 11, werden durch drei weitere Beobachtungspunkte ergänzt. Dies sind von SE nach NW:

1. der Aufschluß am NW Tunnelmund von Syren,
2. die Aufschlüsse an der Straße E 42 zwischen Moutfort und Sandweiler,
3. die schon erwähnte Bohrung Itzig.

\* Die Lokalisierung der Profile entnehme man dem Aufschlußverzeichnis (pp. 108-110), die Profilbeschreibung den Tabellen 4-6.

Profil Sandweiler.

Wir beginnen unsere Beschreibung mit diesem knapp 3 km von der Bohrung FG 11 entfernten Aufschluß, in dem man noch eine ähnliche Faziesausbildung erwarten darf.

Die Straßenböschung 1 zeigt den unteren Teil der Schichtenfolge, die Straßenböschung 2 ergänzt die Serie für den oberen Teil.

In dem ersten Aufschluß fallen 1 m mächtige dunkelblaue Tone auf, die beim Verwittern zu dünnen Lagen aufblättern. Aus dem HCl-unlöslichen Rückstand der Probe S 281, die der oberen Hälfte dieser Tonfolge entnommen ist, ergibt sich ein Karbonatgehalt von 8%. Derartige niedrige Karbonatanteile sind für die anderen Proben dieses Aufschlusses nicht nachzuweisen. In der Bohrung FG 11 treten kalkarme Sedimente nur in der Anfangsphase der oberen Gruppe des Sinémurien I auf. Wir nehmen an, daß die Tone von Sandweiler jenen der Bohrung FG 11 entsprechen und somit in Sandweiler eine Gliederung in untere und obere Gruppe des Sinémurien ermöglichen.

Die Zahl der positiven Phasen, mit vier in der unteren und sechs in der oberen Gruppe, erinnert ebenfalls an die Schichtenfolge der Bohrung FG 11. Ob jedoch hier derselbe Sequenzaufbau vorliegt, müßte erst durch die Titration von Ca und Mg geprüft werden.

Aus der Dünnschliffuntersuchung ergibt sich, daß gegenüber der Bohrung FG 11 insgesamt die Sedimentationsverhältnisse ruhiger waren, wobei die obere Gruppe eine stärkere Turbulenz belegt als die liegende. Nur zwei Schliffe fallen aus der Kryptit-Reihe: ein organoklastischer Kryptit in der unteren Gruppe und ein Endoklast-Kryptosomatit in der oberen Gruppe.

Die Darstellung im PASSEGA-Diagramm läßt in erster Hinsicht die schlechte Sortierung des klastischen Rückstandes erkennen.

Das Profil Syren.

Im Aufschluß Syren kann die Profilaufnahme augenblicklich nur durch das Dünnschliffbild der sechs auftretenden positiven Phasen ergänzt werden.

Ogleich in dieser Folge im unteren Teil relativ mächtige passive Sedimentationsphasen vorherrschen, sind sowohl die Endoklast- als auch die Organoklastanteile der Kalke wesentlich höher als in den bisher erwähnten Vorkommen. Diese Kennwerte machen drei Sedimentationseinheiten wahrscheinlich:

Der Endoklast-Anteil von 25% im Dünnschliff Sy 1 steigert sich auf 50% in Sy 2; in einer zweiten Folge wächst der Endoklast-Anteil von 20% in Sy 3 auf 43% in Sy 4 und auf 51% in Sy 5; anschließend fällt er in Sy 6 auf 20% zurück. Mit zunehmendem Endoklast-Anteil nehmen auch die Pseudooide zu, während die Organoklasten abnehmen.

Im unteren Teil der Kalkphase Sy 3 konnten wir einen Ammoniten bergen, der wahrscheinlich als *Arnioceras arnouldi* (DUMORTIER) — siehe Taf. 3 Abb. 6, — zu bestimmen ist. In derselben Bank kommen Bruchstücke von Großarieten mit Umwindungshöhen bis 6 cm vor. Der Fund von *Arnioceras* stellt die Schichtenfolge wenigstens ab Sy 3 in die obere Gruppe des Sinémurien.

Die oberste Kalkbank Sy 6 ist als typische Dachbank ausgebildet. Diese positive Phase beginnt mit Brachiopoden, die gesteinsbildend auftreten. Zur Mitte der Bank stellen sich ver-

einzelte Crinoidenstielglieder ein. Der obere Teil besteht vorwiegend aus Crinoidenschutt. Die verkrustete Oberfläche zeigt alle Merkmale einer «surface taraudée» und ist mit Limen bewachsen. Ob mit dieser Dachbank das Sinémurien abschließt, ist hier nicht zu klären.

Die Bohrung Itzig.

Die Bohrung Itzig hat im ersten Teil dieser Arbeit zur chronostratigraphischen Einstufung der Schichtenfolge der Bohrung FG 11 entscheidend beigetragen. In beiden Bohrungen finden wir auch eine ähnliche Serienausbildung.

Die Mergel-Kalk-Serie zwischen den Bohrmeter 71,80 und 63,35 entspricht dem Sinémurien I. Die Tonfolge von 67,30 m - 68,60 m erlaubt zwischen unterer und oberer Gruppe zu unterscheiden. Die untere Gruppe (68,60 m - 71,80 m) ist durch mehrere Kalkbänke gegliedert. In der oberen Gruppe ist die Ausbildung von drei Sequenzen mit sechs Kalkbänken wiederzuerkennen.

Das Lotharingien beginnt mit einer tonigen Kalkbank (62,60 m - 63,00 m) in der *P. planicosta* vorkommt. Wahrscheinlich wäre durch eine Kalkbestimmung das Lotharingien II nachzuweisen. Die tonigen Mergel des Lotharingien III schließen mit der Beta-Kalkbank (49,50 m - 49,60 m) ab. Die Beta-Bank ist als stark sandiger Endoklast-Somatit ausgebildet. An organischen Resten treten auch Ostracoden und Foraminiferen (*Nodosaria*) auf.

Dem Lotharingien IV ist zwischen 32,40 m - 32,50 m eine Kryptitbank eingeschaltet. Eine der Bohrung Laneuveville entsprechende «Obere Kalkgruppe» — siehe Abb. 5 — ist zwischen 12,20 m und 16,25 m auszumachen. Bei 16,00 m liegt ein sandiger Endoklast-Somatit vor mit zahlreichen Schalenbruchstücken, Ostracoden und Foraminiferen (*Rectoglandulina*) Höher treten eisenoolithische Kalke auf. Bei 14,50 m liegen die Eisenooide in einer kryptitischen Grundmasse. Das Gestein ist als sandiger Endoklast-Kryptosomatit zu bezeichnen.

Durch Vergleich mit der Bohrung Laneuveville sind die obersten Tone (0 m - 12,20 m). bereits ins Domérien zu stellen.

Die eisenoolithische Fazies konnte auch in Hasselt nachgewiesen werden, wo sie in Baugruben aufgeschlossen war. Mehrere Ammoniten (*Gleviceras spec.*) sind hier gesammelt worden. Auch sie sprechen für ein oberlotharingisches Alter dieser Ablagerungen.

### 3.22. Das westliche Stadtgebiet von Luxemburg

Nordwestlich der unter-sinémurien Sandrinne von Hesperingen dehnt sich über der «surface taraudée» des Luxemburger Sandsteines ein zweites Gebiet aus, in dem die *bucklandi*- und *semicostatum*-Zone ebenfalls in Mergel- und Kalkfazies vorliegen. In dieser Gegend befindet sich der Ort Strassen, nach dem diese Ausbildung des Sinémurien benannt ist.

Die vielen Kalkbrüche dieser Gegend, in denen der Kalk zum Brennen gebrochen wurde, sind längst verlassen und zugewachsen. Somit müssen sich die Beobachtungen auf zeitweilige Aufschlüsse größerer Bauvorhaben beschränken. Nur die Schichtenfolge im Baugelände Mercier war uns selbst zugänglich. Die Ausbildung des Sinémurien am Neuen Athenäum ist einem Gutachten von Lucrus (1958) entnommen. Das Profil der Kinderklinik wurde nach einer photographischen Abbildung rekonstruiert. Dieses Profil wird angeführt, da die Kinderklinik nahe am Ort Strassen liegt, und somit dieses Profil die Typus-Ausbildung des Sinémurien in Mergel-Kalkfazies wiedergibt.

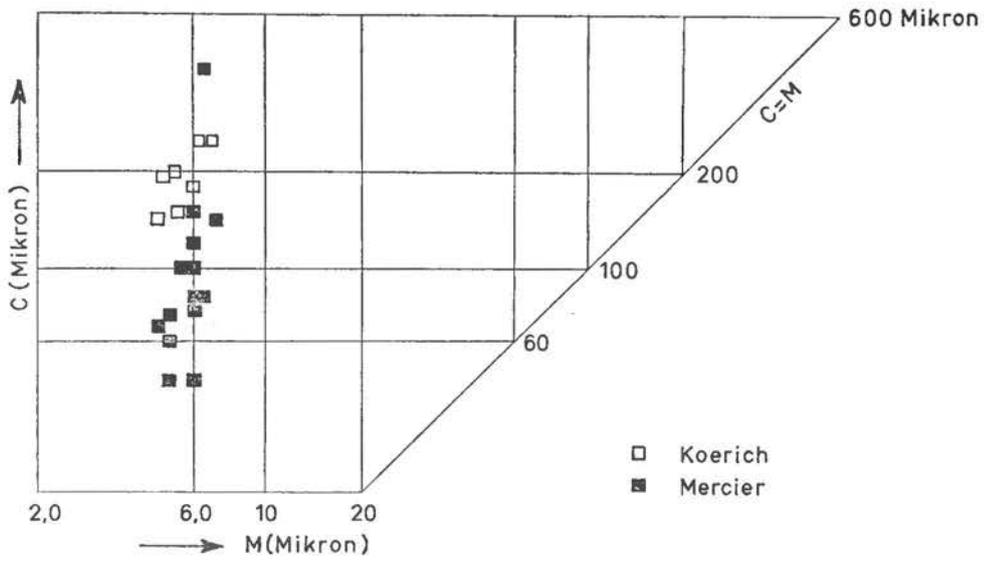


Abb. 7e: C=M-Diagramm für NW-Luxemburg

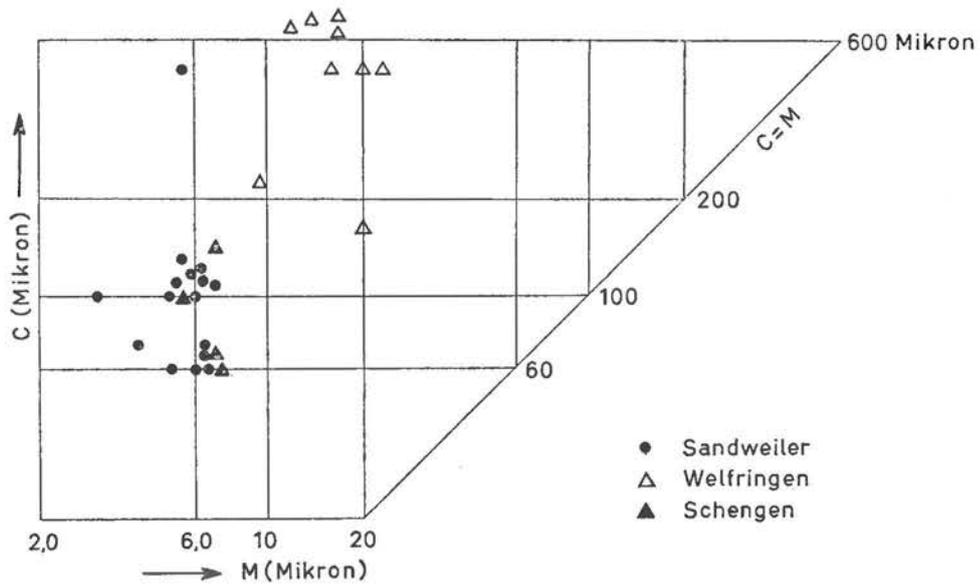


Abb. 7f: C=M-Diagramm für SE-Luxemburg

Die Reihenfolge der Aufschlüsse entspricht ihrer Lage auf einem SE-NW Profil.

Das Profil Mercier.

Im Profil Mercier setzten die «Mergel und Kalke von Strassen» mit Tonen ein, die die stark eingekolkte «surface taraudée» des Luxemburger Sandsteines einebnen. Oberhalb folgen rasch aufeinander zwei positive Kalkphasen. Die Probe M 06 ist der oberen Hälfte einer zweiten, mächtigeren Tonlage entnommen. Höher wechsellagern Mergel und Kalke mit den in der Serie üblichen Karbonatanteilen. In der höchsten und letzten aufgeschlossenen Kalkbank, M 15, findet man kleine Ammoniten — siehe Taf. 3 Abb. 4 —, die zu *Arnioceras oppeli* FRANIATTE gehören. Faziell eindrucksvoll sind Bruchstücke von Großarieten, *C. lyra*, HYATT, mit Durchmessern bis 30 cm — siehe Taf. 3 Abb. 5 —, die in derselben Bank zum Teil gesteinsbildend auftreten. Dieses Vorkommen erinnert auffallend an jenes im Profil Syren.

Die vielen Gryphiten und Pectiniden, die im Handstück auffallen, beherrschen auch das Dünnschliffbild. Die Organoklastanteile reichen von 10% bis 69%. Die Endoklaste treten fast gänzlich zurück und eignen sich demnach nicht zur Gliederung der Schichtenfolge. Für die Kalkbänke M 02 und M 04 wurden im mikroskopischen Bild je 3,4% und 5,5% Sand bestimmt. Im PASSEGA-Diagramm läßt sich für diese Proben und allgemein für den unteren Teil der Schichtenfolge eine Zunahme der Strömungsstärke feststellen, die mit M 05 in den Bereich der uniformen Suspensionen reicht.

Die Tone M 06 sedimentieren unter sehr ruhigen Verhältnissen. Ein zweites Maximum im Bereich der uniformen Suspensionen stellt sich mit M 07 ein und baut sich allmählich bis M 11 ab. Im Dünnschliffbild der positiven Phasen dieses Bereiches ist nur wenig Sand zu erkennen. Die organischen Reste sind umso zahlreicher. Mit M 12 tritt die stärkste Turbulenz der Serie auf, die sich zwar in M 13 abschwächt, im oberen Teil der Schichtenfolge aber für alle Proben nachzuweisen ist. Die Kalke M 13 und M 15 führen 4,0% und 3,4% Sand. Die Organoklastanteile nehmen ab.

An Hand der sedimentologischen Daten lassen sich somit im Profil Mercier drei Sedimentationsbereiche abgrenzen. Wenigstens die Bank M 15 ist in die obere Gruppe des Sinémurien zu stellen. Nimmt man eine Horizontbeständigkeit der Ammonitenfunde an, so ist der obere Teil dieser Gruppe im Profil Mercier nicht mehr aufgeschlossen.

Das Profil Athenäum.

Anlässlich der Planungsarbeiten zur Errichtung des Neuen Athenäums in Luxemburg wurden 16 Erkundungsbohrungen niedergebracht, die zwischen 11 m und 20 m unter der Geländeoberfläche auf den Luxemburger Sandstein stießen. Da die Schichten hier nach Süden einfallen, und das Gelände in derselben Richtung ansteigt, überlagerten im südlichen Baugebäude, im Bereich der Bohrungen 13 — 14 — 15 — 16, 8,55 m bis 11,80 m Mergel des Lotharingen das als Mergel und Kalke von Strassen ausgebildete Sinémurien. Diese Folge ist in allen Bohrungen vollständig zwischen dem Luxemburger Sandstein und den Mergeln des Lotharingen erfaßt worden (LUCIUS 1958).

Die Mächtigkeiten der Mergel und Kalke schwankten für eine Strecke von 200 m quer zum Streichen zwischen 5,50 m und 7,55 m. Alle Profile zeigen im unteren, im mittleren und im oberen Bereich je eine Gruppe von Kalkbänken, deren Anzahl je nach Beobachtungspunkt leicht unterschiedlich angegeben wird. Wir beschränken unsere Beschreibung auf das am

stärksten gegliederte Profil Nr. 6: Im unteren Teil sind hier zwei, im mittleren Teil vier und im oberen Teil sechs Kalkbänke angeführt. Ob die abschließende Kalkbank schon ins Lotharingien gehört, können wir nicht entscheiden. Die Kalkpakete sind durch stärkere Mergelzwischen-schichten getrennt.

Diese Schichtenfolge entspricht gut der Ausbildung des Sinémurien in den Bohrungen FG 11 und Itzig. Es liegt nahe, die unteren und mittleren Kalkbänke in die untere Gruppe des Sinémurien zu stellen. In die obere Gruppe gehörten demnach die sechs verbleibenden Kalkbänke.

Diese Gliederung macht für das Profil Mercier wahrscheinlich, daß die beiden unteren Sedimentationsbereiche einschließlich M 11 zur unteren Gruppe des Sinémurien gehören. Demnach bestätigt sich unsere Vermutung, daß dieses Profil in seinem oberen Teil nicht vollständig aufgeschlossen ist.

Im wesentlichen findet sich die Ausbildung «Athenäum» im Profil «Kinderklinik» wieder. Das Profil Kinderklinik.

Die uns von J. BINTZ zur Verfügung gestellten Abbildungen — siehe Abb. 14 — zeigen die Fundationsarbeiten der Kinderklinik in Luxemburg. Über der stark ausgeprägten «surface taraudée» des Luxemburger Sandsteines folgen erst mächtige Tone, derart, daß die beiden unteren Kalkphasen etwas höher im Profil auftreten. Auch die Zwischenschichten, welche die mittleren von den oberen Kalkbänken trennen, sind angeschwollen. In der oberen Gruppe ist die Zahl der Kalkbänke auf fünf reduziert.

### 3.3. Die Mergel und Kalke von Strassen im westlichen Luxemburg.

LUCIUS (1958 pag. 158) hat die stratigraphischen und faziellen Verhältnisse in diesem Gebiet im wesentlichen geklärt: «Gegen die luxemburgisch-belgische Grenze ist (aber) die Zone des *Arietites Bucklandi* versandet und die kalkige Fazies auf die Brevisschichten beschränkt, die westlich Arlon ebenfalls sandig werden.» Neuere Funde von *Schlotheimia* und *Arietites* (persönliche Mitteilungen von J. BINTZ) in den Sandsteinbrüchen um Steinfort bestätigen diese Aussage für den sandig ausgebildeten Teil der Schichtenfolge. Die Untersuchungen mehrerer Aufschlüsse bei Koerich verweisen die mergelig-kalkig ausgebildete Schichtenfolge ins obere Sinémurien s. str.

Im stark bewachsenen Hohlweg, welcher aus dem Dorf Koerich in Richtung Steinfort führt — Aufschluß Koerich 1 - ist dennoch das vollständigste Profil dieser Gegend freizulegen. In der NW Straßenböschung steht Luxemburger Sandstein an. Er schließt mit einer Cardinienbank ab und wird von 40 cm Mergeln überlagert. Höher treten drei Kalkbänke auf. Die Mergelzwischen-schichten in der Kalkpartie sind geringmächtig und werden zwischen K 21 und K 22 blattdünn. Diese Schichtenfolge läßt sich auch in der SE Böschung erschürfen. Zwei Kalkbänke K 23 und K 24 erweitern hier das Profil nach oben.

Auch der Aufschluß Koerich 2, an der Straße zwischen Steinfort und Koerich, läßt die Auflagerung der zwei unteren Kalkbänke auf der «surface taraudée» des Luxemburger Sandsteines erkennen. Diese Kalke sind hier sehr fossilreich. Es konnten mehrere Exemplare von *Arnioceras acuticarinatum* (SIMPSON) — siehe Taf. 3, Abb. 3 — gewonnen werden.

Im Aufschluß Koerich 3 — Ortsausgang Koerich in Richtung Wandhaff — steht innerhalb einer Mergelfolge eine 25 cm starke Kalkbank an.

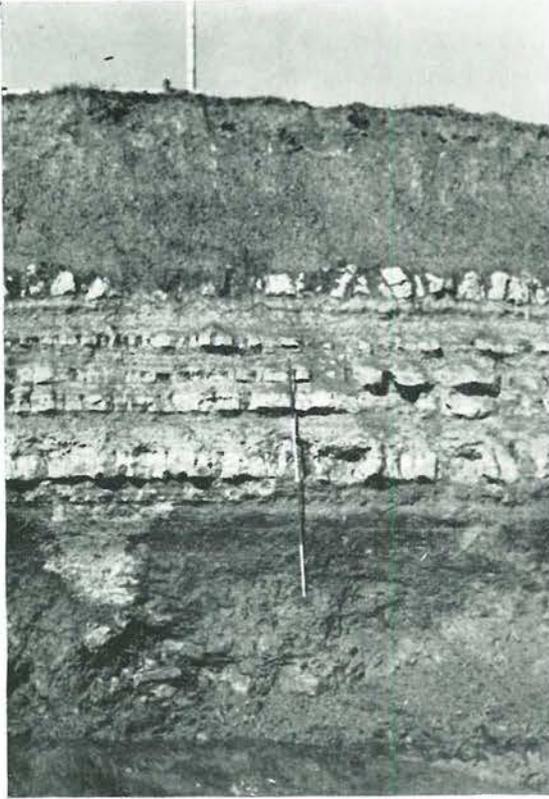


Abb. 14a: Die obere Gruppe des Sinémurien s.str.

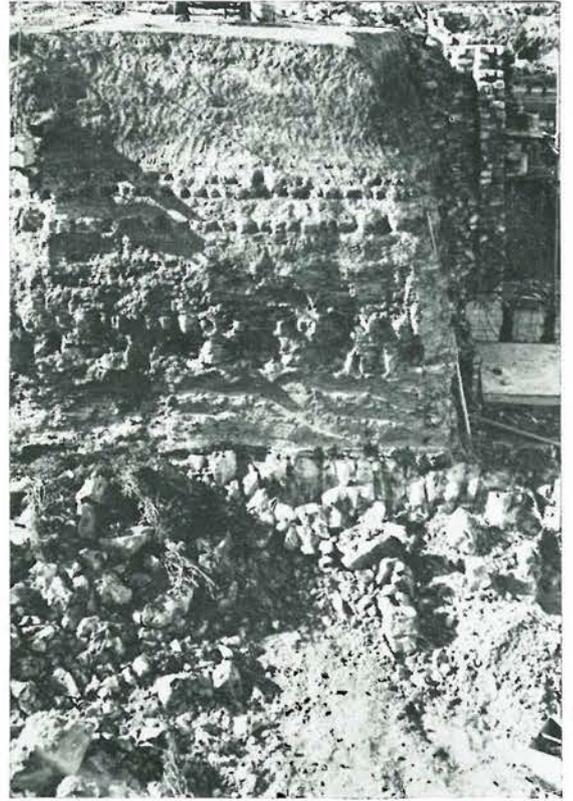


Abb. 14c: Die Auflagerung «der Mergel und Kalke von Strassen» auf der «surface taraudée» des Luxemburger Sandsteins.

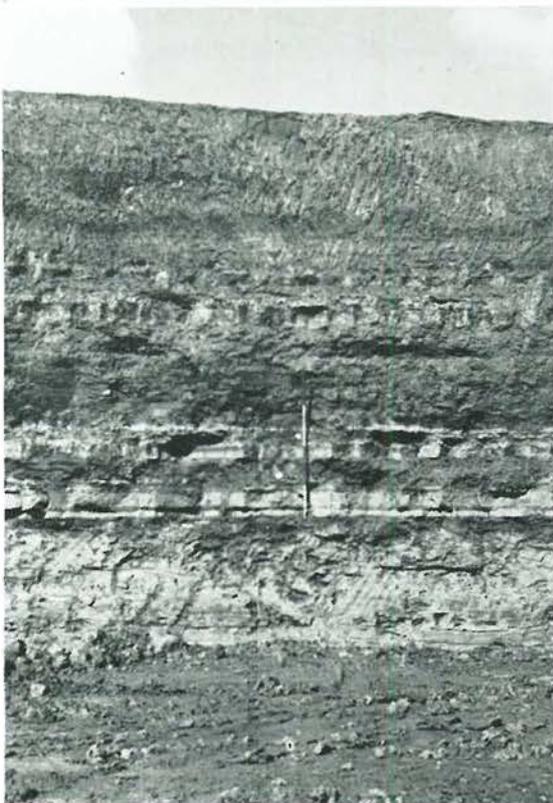


Abb. 14: Profil Kinderklinik (Photos BINTZ)

Abb. 14b: Gesamtprofil des Sinémurien s.str. Der Luxemburger Sandstein ist hier nicht erschlossen

Die Kalke dieses Gebietes sind durchwegs reich an Belemniten, Lamellibranchiaten (Gryphäen, Pectiniden) und Brachiopoden. Die Organoklastika beherrschen mit 14% bis 63% das Dünnschliffbild dieser Gesteine. Hierbei sind Foraminiferen sehr bezeichnend. Es wurden *Dentalina*, *Lingulina*, *Planularia*, *Pseudoglandulina* aber auch *Nodosaria* und *Cornuspira* erkannt, die in dieser Vergesellschaftung in der Bohrung FG 11 nur in der oberen Gruppe des Sinémurien s.str. angetroffen wurden.

Nach dem PASSEGA-Diagramm (siehe Abb. 7e) muß man auf anhaltende, schwache Durchbewegung des Wassers schließen, trotzdem bleibt die Sandeinschwemmung, zwischen 2% und 7%, gering und weicht nicht wesentlich von jener ab, die wir in den bereits beschriebenen Profilen kennenlernten.

Das Auftreten von Ammoniten, die Vergesellschaftung der Mikrofauna, das Vorkommen von Belemniten sichern den Platz dieser Schichten in der *semicostatum*-Zone. Die Zweifel, die MAUBEUGE (1966 pag. 331) bezüglich der stratigraphischen Einordnung dieser Schichten hatte, sind somit behoben.

### 3.4. Das Sinémurien s. str. im SE von Luxemburg.

«Auf dem Plateau östlich der Linie Emeringen-Ellingen (Plateau von Bürmeringen-Ellingen) umfaßt die Fazies der dunklen Mergel und Kalke das ganze Hettangien und Sinémurien ... Eine Gliederung in die einzelnen Stufen der Pylonoten-, Angulaten-, und Arietenschichten läßt sich mangels Aufschlüssen und mangels systematischer Reihen von Fossilien nicht durchführen. Doch zeigt das bisher aufgefundene Material, daß diese drei Abteilungen vertreten sind. (LUCIUS 1948 pag. 159)».

Dieses Zitat gibt den Stand der stratigraphischen Kenntnisse in diesem Gebiet wieder, bevor Erweiterungsarbeiten an W-E verlaufenden Straßen mehrere durchgehende Aufschlüsse entstehen ließen. Von der Beschreibung einer Schichtenfolge an der Nationalstraße 13, die mit Unterbrechungen von der Steinmergelgruppe (Obere Trias) bis ins Sinémurien reicht (MULLER 1966), nahmen weitere Beobachtungen ihren Ausgang, die sich auf das ganze Plateau von Bürmeringen ausdehnen (FEUTH 1965) und zur Zeit noch fortgesetzt werden.

Um den Anschluß an die erwähnten Gebiete zu wahren, beschreiben wir die Profile des Plateaus von Bürmeringen von NW nach SE:

1. In der Profilvereihe Bous-Dalheim gehen wir auf den Sinémurien-Aufschluß bei Weltringen ein;
2. Von den Aufschlüssen an der Straße Remich-Mondorf, beschäftigen wir uns vor allem mit jenen bei Elvingen;
3. Mit den Profilen Wintringen und Remerschen kommen wir an der Straße Schengen-Bürmeringen zum südlichsten Sinémurien-Aufschluß Luxemburgs, der unsere Beschreibung abschließt.

Bei der Schichtenbeschreibung greifen wir auf die FEUTHSchen Untersuchungen zurück, die sich vorwiegend mit dem Hettangien, aber auch mit der Grenzziehung Hettangien/Sinémurien beschäftigen.

Für manche Aufschlüsse, die heute schon zugewachsen sind, so vor allem den Aufschluß Schengen, stellt die Arbeit FEUTH (op. cit.) den alleinigen Bezug dar, um Aussagen über die Ausbildung des Sinémurien in dieser Gegend zu machen.

## Das Profil Welfringen.

Die Aufschlußreihe an der Nationalstraße 13, zu der die zu erwähnende Schichtenfolge Welfringen gehört, dürfte in Luxemburg einmalig sein, insofern auf weniger als 2 km drei Lias-Zonen durch Leitfossilien zu belegen sind. Die *planorbe*-Zone schränkt FEUTH (op. cit.) auf drei Kalkbänke ein, in denen gemeinsam und mit großer Häufigkeit glatte und berippte Psiloceraten auftreten. Die Mächtigkeit der *planorbe*-Zone liegt unter einem Meter.

Eine mehr als 20 m mächtige Mergel-Kalk-Folge wird in die *angulata*-Zone gestellt. In diese schalten sich 5 m Sandstein ein. Es handelt sich um das erwähnte SE Vorkommen des Luxemburger Sandsteins, der hier bei geringer Mächtigkeit von Kalken und Mergeln mit *Schlotheimia angulata* überlagert wird.

Durch Störungen getrennt, folgt 1 km westlich die jüngere Schichtenfolge Welfringen. Hier wurde in der Kalkbank W3 *Arnioceras* aff. *falcaries* (QUENSTEDT) gefunden (FEUTH op cit.).

Dieses Profil zeigt die von DUMONT als «macigno» beschriebene, und von TERQUEM & PIETTE aus diesem Gebiet erwähnte sandigere Fazies der Mergel-Kalk-Serie (siehe weiter oben). Der Sandanteil schwankt zwischen 16% und 26%. Im PASSEGA-Diagramm besetzen die Proben ein Feld im Bereich der uniformen Suspensionen. Dieses hebt sich klar von jenem der ruhigeren Bedingungen des Profils Sandweiler ab. Im Dünnschliffbefund Welfringen entsprechen der stärkeren Wasserbewegung höhere Endoklast- und Fossilienanteile. In W1 und W3, jenen Proben, die gesichertes Sinémurien darstellen, tritt eine Mikrofauna mit *Lenticulina* und *Bairdia* auf. Im unteren Teil der Schichtenfolge waren im Anschliff Einzelkorallen zu erkennen.

## Das Profil Elvingen.

In den Aufschlüssen «Remich-Mondorf», längs der Straße CR150, sind zwischen den unterrätischen Sandsteinen von Scheierbiert (MULLER 1964) und den *angulata*-Schichten an der Abzweigung nach Wellenstein, die Aufschlußverhältnisse schlecht. Trotzdem gelang es FEUTH (op. cit.) hier in Lesesteinen Ammoniten der *planorbe*-Zone nachzuweisen. In der an der Abzweigung nach Wellenstein mehr als 10 m mächtigen und sieben Kalkbänke umfassenden Schichtenfolge tritt *Schl. densicostata* auf (FEUTH op. cit.). Diese Ablagerungen entsprechen also der oberen *angulata*-Zone. Im Dünnschliffbefund «Remich-Mondorf 10a», welcher als Beispiel für die hier herrschenden Sedimentationsverhältnisse angeführt wird, fällt der 16%ige Sandanteil auf.

Etwa 1,5 km nordwestlich der Kreuzung Ellingen, im klassischen Steinbruch Wouer, ist der Luxemburger Sandstein etwa 12 m mächtig und schließt mit einer «surface taraudée» ab, auf der man mehrere Abdrücke von Schlotheimien findet. Das Dünnschliffbild der drei Kalkbänke, die im Hangenden des Sandsteines folgen, erinnern an die hohen Sandanteile von «Remich-Mondorf 10a» und vermitteln zu den ähnlichen Anteilen im Profil Welfringen. Zudem verzeichnen die Schiffe von Wouer hohe Pseudoooid-Anteile.

An der Kreuzung der Straßen CR150 und jener von Ellingen nach Elvingen, sowie an der Straße nach Elvingen folgen mit abnehmendem Alter die Profile E3, E2, E1. Während zwischen E3 und E2 kaum noch Ablagerungen einzuschieben sind, besteht zwischen E2 und E1 eine Höhendifferenz von 15 m.

In den Aufschlüssen E3 und E2 treten trotz sehr starker passiver Phasen *Gryphaea arcuata* und *Spiriferina* massenhaft auf. Im Aufschluß E1 sind Belemniten, Gryphäen und Pentacrinen genauso häufig. Die einzige hier vorkommende Kalkbank endet in einer sehr charakteristischen «surface taraudée».

Im Dünnschliffbild dieser Serie liegt der Sandanteil zwischen 1,2% und 7,7%, Werten, die sich durchaus von jenen in «Remich-Mondorf» oder vom Wouer unterscheiden und innerhalb der für das Sinémurien üblichen Anteile bleiben. Bei den allochemischen Bestandteilen herrschen die Fossilien vor und benennen die meisten Kalktypen.

Man könnte drei Sedimentationsbereiche durch die allmähliche Abnahme des Sandes und die Zunahme der Fossilien kennzeichnen. Diese Grenzen liegen zwischen E08 und E07 sowie zwischen E05 und E04.

Das Profil Schengen und das südliche Plateau von Bürmeringen.

Der Dünnschliffbefund der Profile Wintringen, Remerschen und Schengen ist bereits bei FEUTH (op. cit.) beschrieben: die Proben RE3, RE5, RE11 sowie SCH4 sind durch die größeren Sand- und Pseudoidanteile gekennzeichnet, die wir aus den Grenzschichten Hettangien/Sinémurien der weiter nordwestlichen Vorkommen kennen. Für die stratigraphisch höheren Schiffe von Schengen, für alle Schiffe von Wintringen, sowie für die Schiffe RE13 stellen sich Sandgehalte unter 10% ein. In den Schliffen Schengen kann man nachweisen, daß sich vom Liegenden zum Hangenden, in der Zusammensetzung der allochemischen Bestandteile der Hauptanteil allmählich von den Pseudoiden zu den Organklasten verschiebt. Nach dem Platz im PASSEGA-Diagramm zu urteilen, sedimentieren die jüngeren Kalke von Schengen bei nachlassenden bis fehlenden Strömungsstärken.

FEUTH vertritt die Meinung, daß auf dem Plateau von Bürmeringen erst mit dem Sinémurien *Gryphaea arcuata* massenhaft auftritt. Die sand- und pseudoidreichen Kalke entstammen Gesteinsfolgen ohne Gryphäen, die sandärmeren solchen mit Gryphäen. Stellt man im Profil Schengen die sandärmeren Kalke ins Sinémurien s.str. und die abschließende Kalkbank ins Lotharingien II, so erinnert die Schichtenfolge in auffallender Weise an jene der Bohrung FG 11. Dies sei zum Abschluß nur als Anreiz für eingehendere Untersuchungen im Sinémurien s.str. dieses Gebietes ausgeführt.

«Nous ne connaissons jamais d'autres traces de vie - vie de la planète, vie de l'individu - que ce qui monte à la conscience, sous traces d'écriture.» (B. CENDRARS, Bourlinguer)

### 3.5. Ausblick

Im dritten Teil dieser Arbeit vermittelt eine ansehnliche Zahl von Profilbeschreibungen und Einzelangaben einen Überblick über die Ausbildung des Sinémurien s.str. in Luxemburg. Doch wurden diese Geländebeobachtungen nicht so vielseitig ausgewertet, wie dies für die Bohrkerne FG 11 geschah. Dementsprechend kann man von den verschiedenen Daten keine gleichwertigen Aussagen erwarten.

In den Profilen lassen die Untersuchungsergebnisse abgrenzbare Sedimentationstendenzen erkennen. An Hand von Ammonitenfunden, Mikrofaunenvergesellschaftungen oder auf Grund des Profilverbandes lassen sich diese Sedimentationsreihen einer der beiden Gruppen der Bohrung FG 11 zuordnen. Indessen ist die Grenzziehung zwischen unterer und oberer Gruppe nicht in allen Profilen möglich.

Sieht man vorerst von untergeordneten Fazieswechseln ab, so läßt sich für die Mergel-Kalk-Serie des Sinémurien folgendes Normalprofil aufstellen: Die Serie beginnt über dem Luxemburger Sandstein nach einer Sedimentationsunterbrechung, die im Feldbefund durch die «surface tarauté» belegt und in der Korngrößenanalyse durch den niedrigen Sandgehalt — unter 10% —, der nie zum Luxemburger Sandstein vermittelt, bestätigt wird.

Im Gebiet der «normalen Faziesentwicklung» des Sinémurien stimmt die Grenze zum Luxemburger Sandstein mit der Grenze Hettangien/Sinémurien überein. Das Vorkommen von unter-sinémurien Sandstein in Hesperingen konnte nicht durch Aufschlüsse erfaßt werden. Im SE Luxemburgs ist die untere Grenze des Sinémurien bei durchgehender schwäbisch-lothringischer Fazies annäherungsweise oberhalb von sandigeren und pseudooidreicheren Kalken zu suchen.

Die Kalke und Mergel von Strassen setzen sich aus zwei Gruppen zusammen, die der *bucklandi*- und *semicostatum*-Zone entsprechen. Funde von *Arnioceras* spec. belegen die *semicostatum*-Zone faunistisch in den Profilen Welfringen, Syren, Mercier und Koerich.

Die liegende Gruppe wird im unteren Teil durch starke passive Phasen, die auch zwischen der ersten und zweiten Sequenz etwa im Profil Mercier auftreten, gekennzeichnet. Insgesamt war während der Ablagerungszeit dieser Gruppe das Becken noch sehr mobil und stark gegliedert, so daß gleichzeitige mächtige Tonablagerungen und hohe Kalkgehalte an verschiedenen Stellen des Beckens sich nicht ausschließen.

In der oberen Gruppe treten in der ersten Eintiefungsphase nocheinmal Tone auf. Höher in der Serie herrschen im ganzen Untersuchungsgebiet aktive Kalkphasen vor.

# Die Mergel und Kalke von Straßen in Luxemburg

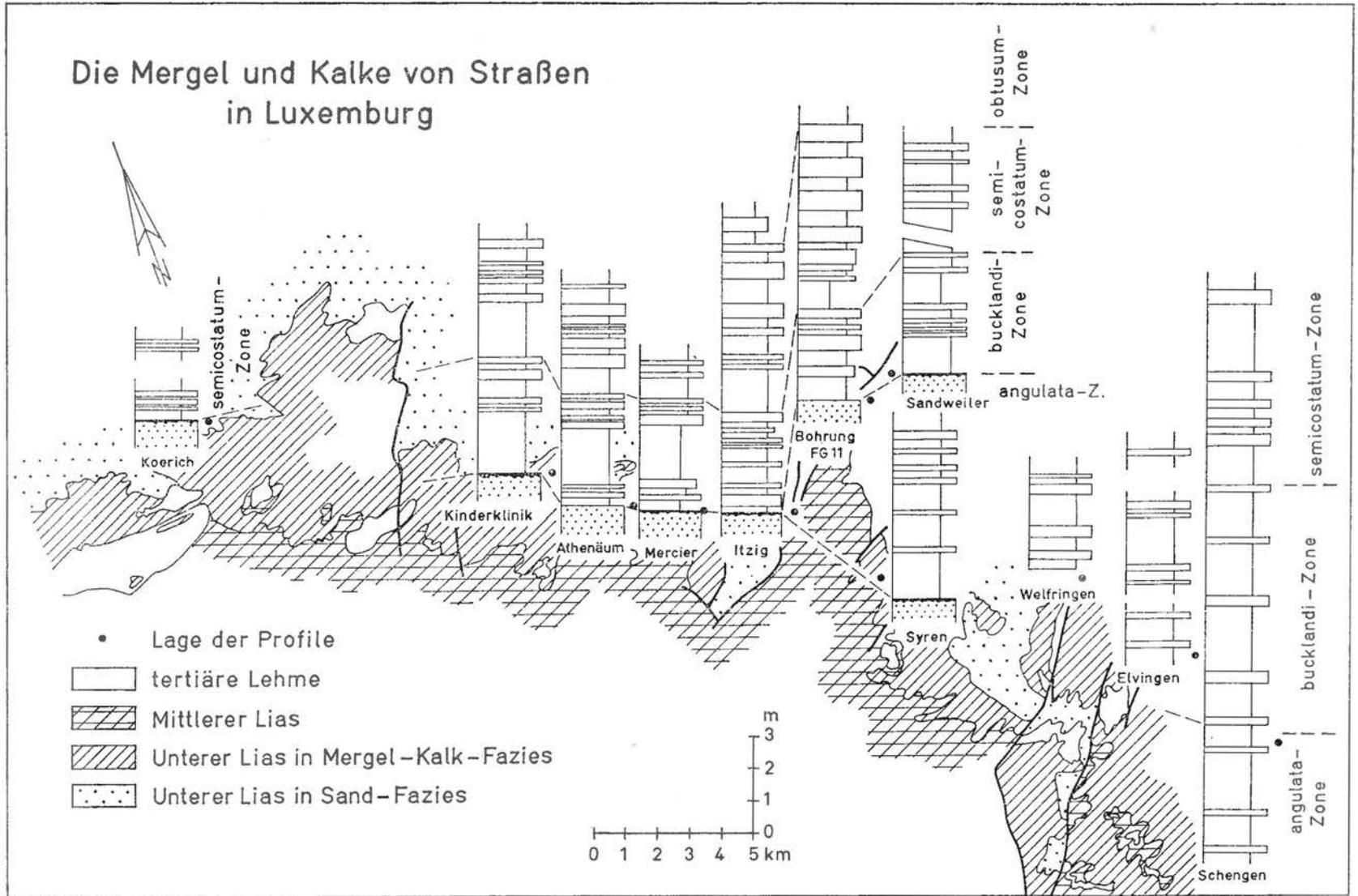


Abb. 15

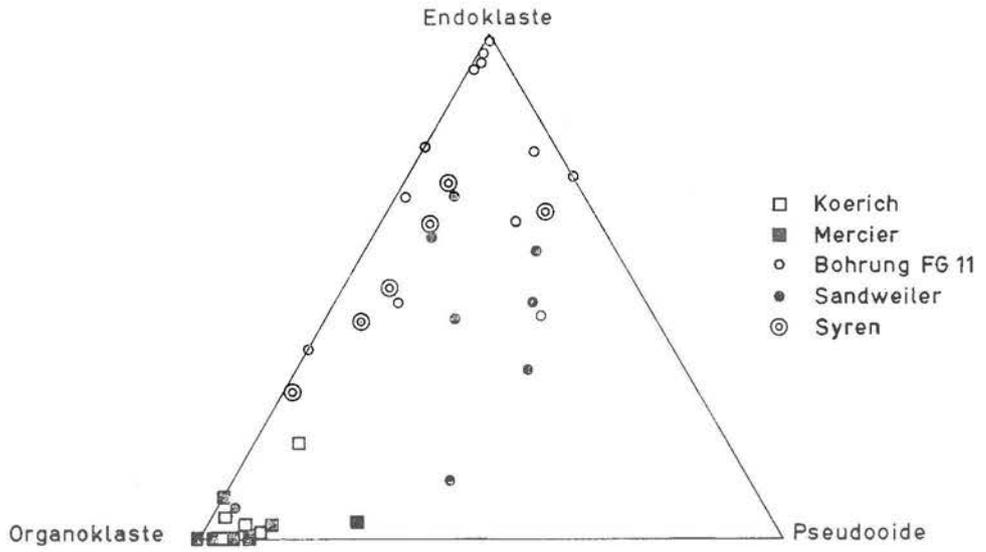


Abb. 16a: Die allochemischen Bestandteile der Kalke im mittleren und nord-westlichen Teil Luxemburgs

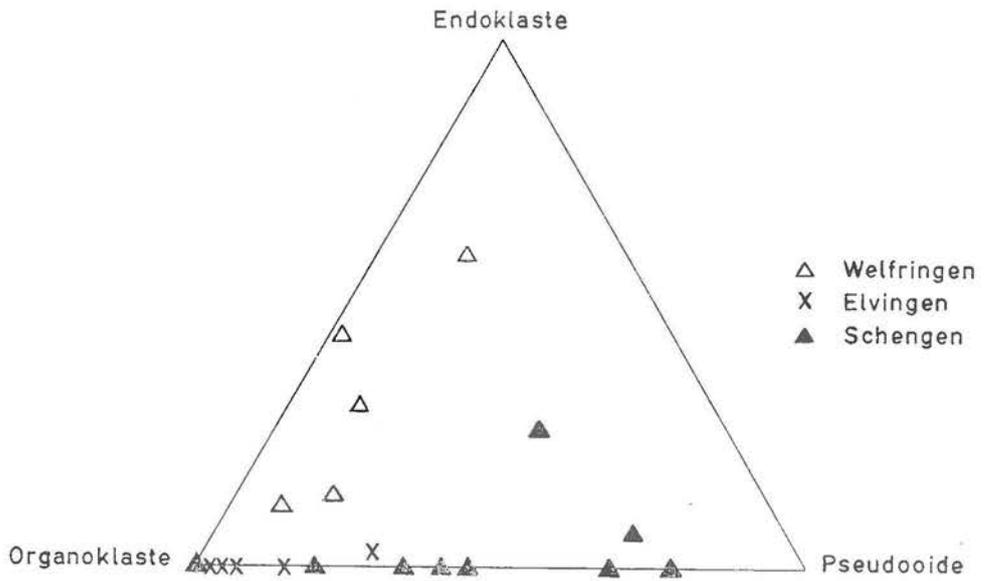


Abb. 16b: Die allochemischen Bestandteile der Kalke im südöstlichen Teil Luxemburgs

Die Grenze zu den Übergangsschichten des Lotharingien ist nur in den Bohrungen FG 11 und Itzig eindeutig zu belegen. Die Kalkbänke Schengen 24, Elvingen 01 sowie die oberste Kalkbank im Profil Athenäum könnten dem Profilverband nach schon zum Lotharingien gehören. Diese Einstufung ist bei dem derzeitigen Untersuchungsstand jedoch nicht faunistisch zu belegen.

Somit lassen die Mergel und Kalke von Straßen Eigenart und Horizontbeständigkeit für ihre Einheiten teilweise schon bis in die Sequenzen hinein erkennen. Das Faziesbild ist dennoch nicht eintönig. Von NW nach SE sind schon im Feldbefund verschiedene regionale Einflüsse zu erkennen, deren Auswirkung im Dünnschliffbild in einem Konzentrationsdreieck der allochemischen Bestandteile: Endoklaste, Fossilien, Pseudooide, — siehe Abb. 16 — beschrieben wird. In dieser Darstellung kann der Kryptit-Gehalt nicht berücksichtigt werden. So kann ein Kalk, dessen allochemische Gemengteile zu 100% aus Endoklasten bestehen, dennoch ein Kryptit sein.

Das Profil Koerich zeigt, trotz nächster Nähe der Sandschüttung, keine erhöhten Sandgehalte. Mit seinen zahlreichen Fossilienresten ähnelt es dem oberen Teil des Profils Mercier. In der Gegend Sandweiler/Contern treten die Fossilien zurück, es liegen Kalke mit wechselnden Anteilen von Endoklasten, Organoklasten und Pseudooiden vor. Im Profil Syren verschiebt sich die Zusammensetzung bei abnehmenden Pseudooideanteilen zur Endoklast/Organoklast-Linie. Dies ist wahrscheinlich ein Anzeichen verstärkter Strömungen, die sich im Sinémurien im Profil Welfringen besonders deutlich auswirken. Im SE Luxemburgs sind die Endoklaste nur von geringer Bedeutung. Die allochemischen Bestandteile des Kalke sind hier Organoklaste und Pseudooide und zwar nehmen die Pseudooide von NW nach SE, d.h. von Elvingen nach Schengen zu.

Im Sinémurien kommt man also von NW nach SE aus der landnäheren in die landfernere Fazies. Die Faziesunterschiede sind zwar nicht so stark ausgeprägt wie im Lotharingien. Da wir wissen, daß das Lotharingien-See weiter nach NW auf das Ardennerfestland übergriff, ist das Hervortreten der landferneren Fazies in diese Stufe für den Ort der Bohrung FG11 nicht überraschend. Beachtlich ist jedoch das allmähliche Einsetzen der landferneren Fazies nach SE, da ja die allgemeine Eintiefung des Beckens nach SW, zum Inneren des Pariser Beckens, zu erwarten ist. Nach SE sollte man schnell auf die östliche Umrandung des Golfes von Luxemburg stoßen, dessen Küstenverlauf zur Lias-Zeit aber nicht bekannt ist.

Die SE-Fortsetzung des Sedimentationsraumes ist in dreifacher Hinsicht für die vorliegende Arbeit von Bedeutung:

In der Gegend von Thionville, also in der südl. Fortsetzung des Untersuchungsgebietes, steigt die Mächtigkeit der Lotharingien-Schichten, die in Lothringen zwischen 20 m und 40 m schwankt, in einer relativ schmalen W-E-Zone auf über 60 m an. Das Lotharingien stößt mit dieser Mächtigkeit gegen E auf ältere Schichten (HÖRON 1961 Tafel V).

Da viele Gründe für das Einschwemmen von zahlreichen Karbonsporen im Sinémurien sprechen, muß man im SE ein entsprechendes Abtragungsgebiet annehmen.

Anlässlich der Schichtenbeschreibung des Lotharingien in der Bohrung FG 11 fielen wiederholt Ähnlichkeiten mit der Faziesausbildung in der Langenbrückner Senke auf, wie man sie in Zentral-Lothringen nicht feststellen kann.

Eine direkte Verbindung zwischen dem Golf von Luxemburg und der Langenbrückner Senke durch die «Depression von Thionville», die südl. des Hunsrücks aber wahrscheinlich nördl. des Saarbrückener Sattels verläuft, bringt die drei oben erwähnten Fakten ursächlich in Zusammenhang. Ähnliche Verbindung zwischen dem süddeutschen und dem lothringischen Raume werden in der Trias mit der «Pfälzischen Depression» (SCHOENENBERG 1964) und im Rät mit dem «Synclinal de Sarreguemines» (LAUGIER 1964 pag. 89) südl. des Saarbrückener Hauptsattels angenommen.

Im Hettangien kommt im Bereich des Golfs von Luxemburg die Depression von Thionville nicht zur Geltung. Hier beherrschte die Eifeler Nord-Süd-Zone mit der starken Sandschüttung das Sedimentationsgeschehen. Innerhalb des Golfes lagerte sich der Sand in Trögen variskischer Richtung ab. Aber nicht nur die Sandsedimentation ist als Eigenart innerhalb der maximal 5 m mächtig werdenden tonig-kalkigen Schichtenfolge des Hettangien in Lothringen (LAUGIER 1964 pag. 107) zu erwähnen, auch die schwäbisch-lothringische Fazies nimmt im Golf von Luxemburg größere Mächtigkeiten an.

Im Sinémurien wird das karbonische Material, welches am Saarbrückener Hauptsattel abgetragen wurde, in erheblichen Mengen durch die sich eintiefende Depression von Thionville in den luxemburgischen Sedimentationsraum eingeschwemmt. Im Lotharingien bildeten sich am Südrande der Eifel-Hunsrückmasse ähnliche Faziesverhältnisse aus.

Diese Schlußfolgerungen ergänzen die Faziesverteilung in Abb. 2 zu einer paläogeographischen Prinzipskizze des luxemburgischen Sedimentationsraumes im unteren Lias:

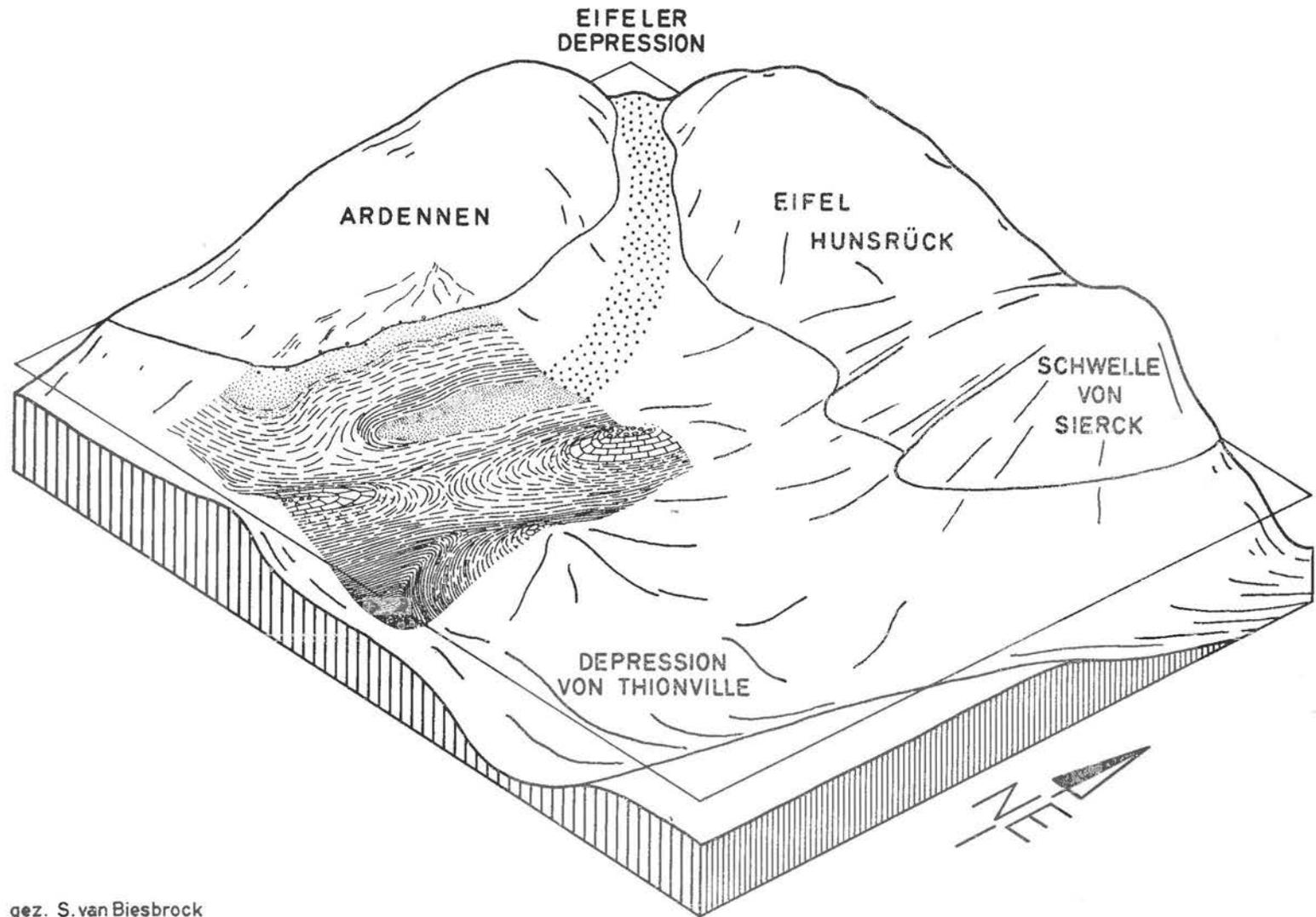
Die Lage des Sandkörpers ist für das Hettangien angegeben. Im Sinémurien verlagerte er sich mit fortschreitender Transgression auf das Ardennenfestland nach NW.

Die Schwellenregion, die sich unserer Vorstellung entsprechend ebenfalls nach NW verschiebt, mag im Sinémurien mit der heutigen Lage des Mittelmosel-Sattels und der Schwelle von Sierck übereinstimmen. Dies wird den Anschauungen mancher Autoren gerecht, die annehmen, daß sich die heutigen tektonischen Elemente dieses Raumes schon synsedimentär auswirkten (LAUGIER 1964).

Die Darstellung der Depression von Thionville gilt in erster Hinsicht für das Lotharingien; deren Eintiefung sich zu dieser Zeit voll auswirkte.

Die vorliegende Arbeit wurde im Herbst 1962 im Geologischen Institut der R.W.T.H. Aachen begonnen. Sie mußte von April 1964 bis Februar 1965 unterbrochen werden. Während dieser Zeit beschränkte sich unsere geologische Tätigkeit auf gelegentliche Geländeaufnahmen im Unteren Lias auf dem Plateau von Bürmeringen, deren Ergebnisse teilweise in dieser Arbeit berücksichtigt werden konnten.

Anfangs stand es noch offen, ob die Arbeit mehr methodisch oder regional-stratigraphisch auszurichten sei. Der letztere Weg, der tatsächlich eingeschlagen wurde, erlaubte bei der Vielzahl der in Betracht kommenden Methoden nicht immer ihre endgültige Absicherung. Er hat aber erreichen lassen, die faziellen und stratigraphischen Verhältnisse des Luxemburgischen Sedimentationsraumes zur Zeit des Unteren Lias nach dem heutigen Stand der Kenntnisse zu klären. Die durch unsere Arbeit weitgehend eingegrenzten Fragen sollten sich im Zusammenhang mit eindringlichen Untersuchungen in Nachbargebieten beantworten lassen.



gez. S. van Biesbrock

Abb. 17: Paläogeographische Prinzipsskizze des Unteren Lias im Golf von Luxemburg

Herr Professor Dr. K. RODE hat sich in vielen Gesprächen, die sich gleichmäßig über den Untersuchungsverlauf hinzogen, eingehend mit der Problemstellung dieser Arbeit befaßt und durch viele kritische Anregungen unseren Untersuchungsstil nachhaltig beeinflußt. Hierfür, aber auch für seine wohlwollende Förderung während unseres zehnjährigen Aufenthaltes in Aachen, sei ihm recht herzlich gedankt. Mit den Arbeiten von MULLER (1964, 1966), FEUTH (1965), und KRAMP (1965) hat seine Aachener Schule wesentliche Beiträge zur Erforschung des Unteren Lias in Luxemburg geliefert.

Wir danken Herrn Professor Dr. R. SCHOENENBERG, Tübingen, dem tatkräftigen «Lehrherren der luxemburgischen Geologie», für das Interesse, welches er der vorliegenden Arbeit entgegenbrachte.

Dank schulden wir ebenfalls den Geologen aus Nancy, Madame FRANIATTE, und M. LAUGIER mit denen wiederholt gemeinsame regionale geologische Probleme durchgesprochen wurden, insbesondere hat Madame FRANIATTE sich der Revision der Ammonitenbestimmungen des Sinémurien angenommen.

LITERATURVERZEICHNIS

- ANTUN, P. 1960: Sur la lithologie des conglomérats rhétiens du Luxembourg et les caractères de leurs galets siliceux pseudoolithiques.  
Inst. Gr. D. de Luxembourg, Section des Sc. nat. phys. et math. Archives, Nelle Série, T. XXVII pp. 25 - 55
- APOSTOLESU, V. 1959: Ostracodes du Lias du Bassin de Paris. Revue de l'Inst. fr. du Pétrole  
Vol. XIV, No. 6, pp. 795 - 826
- ARKELL, W. J. 1956: Jurassic Geology Of The World. Oliver And Boyd Ltd. Edinburgh & London
- BARNARD, T. 1950: Foraminifera From The Lower Lias Of The Dorset Coast  
The Quarterly Journal of the Geol. Society of London, Vol. CV, pp. 347 - 391
- BINTZ, J. & MULLER, A. 1966: Sur la représentation du «grès de Luxembourg» sur la nouvelle carte géologique générale du Grand-Duché  
Institut Gr. D. de Luxembourg, Section des Sciences nat. phys. et math. Archives T. XXXI Nelle Série, pp. 241 - 258
- BITTERLI, P. 1963: Aspects of the genesis of bituminous rock sequences  
Geol. en Mijnbouw., T. 42, No. 6, pp. 183 - 201
- BIZON, G. 1960: Révision de quelques espèces-types de Foraminifères du Lias du Bassin parisien de la collection TERQUEM, Revue de Micropaléontologie, Vol. 3, No. 1, pp. 3 - 18
- , ——. 1961: 2e partie: Lorraine, Région de Nancy et Thionville, Foraminifères et Ostracodes  
Colloque du Lias français, Mém. du B.R.G.M. No. 4, pp. 433 - 449
- BOTVINKA, L. N. 1960: Bedding as a genetic feature of sedimentary rocks. Nat. Comm. of Geologists of the USSR. Questions of Sedimentology, Reports of Soviet Geologists for the VI Internat. Congress of Sedimentology, Moskau
- BUSHINSKI, G. J. 1964: On shallow water origin of phosphorite sediments.  
Dev. in Sedimentology, Vol. I, Amsterdam
- COUSIN, N., APOSTOLESU, V., ESPITALIER, J. SIGNAL, J. 1961:  
1re partie, Ardennes, Région de Mézières (Dép. des Ardennes).  
Foraminifères et Ostracodes  
Colloque du Lias français. Mém. du B.R.G.M. No. 4, pp. 423 - 431
- DEWALQUE, G. 1854: Note sur les divers étages de la partie inf. du Lias dans le Luxembourg et les contrées voisines. Bull. soc. géol. de France, 2e série, t. 11
- , ——. 1857: Description du Lias de Luxembourg, Liège
- , ——. 1880: Prodrome d'une Description géologique de la Belgique, Bruxelles
- DONZE, P., FRANIATTE, S. Mme, LAUGIER, R., LUCAS, J., MILLOT, G. MOUTERDE, R., PAQUET, M.,  
RUGET-PERROT, Mme & SIGAL, J. 1964:  
Etudes stratigraphique et micropaléontologique d'un sondage du Lias inférieur et moyen de Lorraine, Contribution à l'étude du stratotype du Lotharingien.  
Colloque du Jurassique, Luxembourg, Vol. des Comptes Rendus et Mémoires.  
pp. 609 - 617

- DUMONT, A. H. 1842: Mémoire sur les terrains triasiques et jurassiques de la province de Luxembourg. Nouveau Mémoire de l'Acad. royale des Sciences et Belles Lettres de Bruxelles, t. 15 Bruxelles
- , ———. 1852: Carte géologique de la Belgique et des contrées voisines, Bruxelles
- FAIRBIRDGE, R. W. 1964: The importance of Limestone and its Ca/Mg Content to Palaeoclimatology. In Problems in palaeoclimatology ed. by A.E.M. NAIRN, London
- FEUTH, I. 1965: Beiträge zur Stratigraphie des Hettangien auf dem Plateau von Bürmeringen. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Aachen
- FOLK, R. L. 1959: A practical petrographic classification of limestones. Am. Assoc. of Petrol. Geol. Bull. V. 43, No. 1, pp. 1 - 38, Tulsa
- FOLK, R. L. 1962: Spectral subdivision of limestones types. Am. Assoc. of Petrol. Geologists, M. 1. pp. 62-84
- FRANKE, A. 1936: Die Foraminiferen des deutschen Lias, Abh. der Preuss. Geol. Landesanstalt, Neue Folge, Heft 168, Berlin
- GAUTHIER, J. 1962: Etude sédimentologique et micropaléontologique du Lias inférieur et moyen de l'Auxois (Côte d'Or). Thèse du 3e cycle, Dijon
- GUERIN, S., LAUGIER, R., MOUTERDE, R. 1961: L'Hettangien d'Hettange et du Nord-Est de la France. Colloque du Lias français, Mém. du B.R.G.M. No. 4 pp. 279 - 286
- HAGEMANN, H. 1967: Karbonsporen im Lias von Elvingen (SE Luxemburg). Publ. Service Géol. du Luxembourg. Vol. XVII, Luxembourg.
- HALLAM, A. 1964: Liassic sedimentary cycles in western Europa and their relationship to changes in sea level. 6e Congr. internation. Sedimentol. T. 1, pp. 157 - 164
- HAUG, E. 1908-11: Traité de Géologie
- HILTMANN, W. 1965: Die Sporenführung des Kernprofils der Bohrung FG 11 (unterer Lias, Luxemburg). Unveröffentlichte Diplomarbeit, Aachen pag. 122
- HOFFMANN, K. 1964: Die Stufe des Lotharingien (Loltharingium) im Unterlias Deutschlands und allgemeine Betrachtungen über das «Lotharingien». Colloque du Jurassique, Luxembourg, Vol. des Comptes Rendus et Mém. pp. 135 - 160
- HORON, G. 1961: Lias inférieur. Colloque sur le Lias français, Mém. du B.R.G.M. No. 4, pp. 7 - 33
- HYATT, A. 1889: Genesis of the *Arietidae*, Washington
- KLINGLER, W. & NEUWEILER, F. 1959: Leitende Ostracoden aus dem deutschen Lias beta. Geol. Jhb. Bb. 76, pp. 373 - 410, Hannover
- KLUEPFEL, W. 1917: Zur Kenntnis des Lothringer Bathonien. Geologische Rundschau 7, pp. 1 - 29
- , ———. 1920: Der Lothringer Jura. I. Teil: Lias. Jahrb. der Preuß. Geol. Landesanstalt Bd. XXXIX Teil 2, H. 2, 1920, pp. 165 - 372
- KOCH, J. 1966: Petrologische Untersuchungen an jungpleistozänen Schieferkohlen aus dem Alpenvorland der Schweiz und Deutschlands mit Vergleichsuntersuchungen an holozänen Torfen. Dissertation, Aachen

- KRAMP, J. 1965: Faziesuntersuchungen in den Rät-Lias-Grenzschiechten bei Junglinster. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Aachen
- KREJCI-GRAF, K. 1964: Geochemical diagnosis of facies. Proc. Yorkshire geol. Soc. t. 34, No. 4, pp. 469 - 521
- KUHN-SCHNYDER, E. 1964: Die Wirbeltierfauna der Trias der Tessiner Kalkalpen. Geol. Rundschau, Bd. 53, H. 1, pp. 393 - 412
- LAUGIER, R. 1964: Le Lias inférieur et moyen du Nord-Est de la France. Thèse, Nancy
- LOMBARD, A. 1956: Géologie Sédimentaire: Les séries marines
- , ———, 1965: La stratification, révision, critique et essai de théorie génétique. Eclogae Geologicae Helveticae Vol. 58, Nr. 1 pp. 135 - 155
- LOVE, L. G. 1964: Early diagenetic pyrite in fine-grained sediments and the genesis of sulphide ores. Sedimentology and ore genesis, pp. 11 - 17, Amsterdam
- LUCIUS, M. 1948: Das Gutland. Veröffentl. des Luxbg. Geol. Dienstes Bd. 5, Luxemburg
- , ———. 1958: Avis géologique conc. Terrain d'Implantation du Nouvel Athénée à Luxembourg, (unveröffentlicht)
- MAGNE, J., MALMOUSTIER, 1961: Le Toarcien de Thouars (Deux-Sèvres).  
J., SERONIE-VIVIEN, R.M. Colloque sur le Lias français, Mém. du B.R.G.M. No. 4, pp. 357 - 397
- MANGIN, J.-Ph., 1961: Une méthode d'étude sédimentologique appliquée au stratotype du Sinémurien,  
GAUTHIER, J. & Intérêt stratigraphique. Limites.  
LACROIX, L. Colloque sur le Lias français, Mém. du B.R.G.M. No. 4, pp. 297 - 306
- MAUBEUGE, P. L. 1960: Quelques Remarques sur l'Hettangien en Lorraine. Bull. de la Soc. des Sc. de Nancy, Nancy
- , ———. 1964: Quelques Remarques à propos de l'Hettangien, du Sinémurien et du Lotharingien. Coll. du Jurassique, Comptes Rendus et Mém. Inst. Gr. D. des Sc., pp. 127 - 133
- , ———. 1966: Contribution à la géologie de la province de Luxembourg et du Grand-Duché de Luxembourg: Le problème du «Grès de Luxembourg». Bull. de la Soc. belge de Géologie etc. T. LXXIV, pp. 316 - 345
- MONTY, C. 1963: Bases d'une nomenclature des roches calcaires marines. Ann. Soc. Géol. de Belg., t. 86, pp. 407 - 432
- MOUSTERDE, R. & 1961: Le Sinémurien de Sémur.  
TINTANT, H. Coll. sur le Lias français, Mém. du B.R.G.M. No. 4, pp. 287 - 295
- , ———. 1964: Variations du Sinémurien dans la région du stratotype, Coll. du Jurassique,  
Comptes rendus et Mém. Inst. Gr. D. des Sc., pp. 119 - 133 Luxembourg
- MULLER, Ad. 1964: Untersuchungen über das Rät in Luxemburg. Publ. Service Géol. du Luxembourg, Vol. XIV pp. 255 - 282, Luxembourg
- , ———. 1966: Les affleurements des couches de passage du Trias au Jura le long de la route nat. 13 entre Welfrange et Rollingen-les-Bous Inst. Gr. D. des Sc. nat. phys. et math. Archives, t. XXXI Nelle série, pp. 260-267
- MUELLER G. 1964: Methoden der Sedimentuntersuchung. Sediment-Petrologie Teil I, Stuttgart
- MURAWSKI, H. 1964: Die Nord-Süd Zone der Eifel und ihre nördliche Fortsetzung. Publ. Serv. Géol. du Luxbg. Vol. XIV, pp. 283 - 308, Luxembourg

- OERTLI, J. H. 1963A: Fossile Ostracoden als Milieuindikatoren.  
Fortschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalen, Bd. 10, pp. 53 - 66
- , ———. 1963B: Faunes d'Ostracodes du Mésozoïque de France. Leiden
- , ———. & GROSIDIER, R. 1961: Ostracodes de quelques sondages du Lias du Bassin de Paris.  
Colloque sur le Lias français, Mém. du B.R.G.M. No. 4, pp. 459 - 461
- OPPEL, A. 1856-58 Die Juraformation Englands, Frankreichs, und des südwestlichen Deutschlands.  
Jh. Ver. vaterländ. Naturkde. Württ., Stuttgart
- D'ORGIGNY, A. 1842-51 Paléontologie française, terrains jurassiques T. 1 (1842)
- PASSEGA, R. 1964: Grain size representation by C. M. patterns as a geological tool.  
J. sediment. Petrol., t. 34, No. 4, pp. 830 - 847 USA
- PEL, J. 1965: Etude du Givetien à sédimentation rythmique de la région de Hotton-Hampteau.  
Ann. Soc. Géol. de Belgique, T. 88, Bull. 7 - 8, pp. 471 - 522
- PERRIN, J. & THEOBALD, N. 1961: Etude biométrique de l'espèce *Grammoceras fallocciosum* BAYLE (Toarcien sup.).  
Ann. Sc. de l'Université de Besançon 2e série Géologie, fasc. 14
- PETTJOHN, F. J. 1949: Sedimentary Rocks
- PFANNENSTIEL, M. 1950: Die Entwicklungsstadien der *Gryphaea arcuata* LMK. Aus der Heimat, H. 8/9,  
pp. 209 - 215
- PHILIP, G. M. 1962: The evolution of *Gryphaea*.  
Geol. Mag. G. B. t. 99, Nr. 4 pp. 327 - 344
- PHLEGER, F. B. 1960: Ecology and Distribution of Recent *Foraminifera*. Baltimore
- , ———. 1964: Foraminiferal Ecology and Marine Geology.  
Marine Geology, Vol. 1, Nr. 1, Amsterdam
- PIRLET, H. 1965: Classification des calcaires de la série des Aréno-Cryptites  
Ann. Soc. Géol. de Belg., Bull. 7 - 8, pp. 395 - 410
- RABITZ, G. 1963: Foraminiferen des Göttinger Lias.  
Paläontologische Zeitschrift, Bd. 37 pp. 198 - 224
- RENEVIER, E. 1864: Notice géologique et paléontologique sur les Alpes vaudoises et les régions avoisi-  
nantes. I. Infralias et zone à *Avicula contorta*.  
Bull. Soc. Vaud. Sc. nat. VIII, pp. 39 - 97
- RUCHIN, L. B. 1958: Grundzüge der Lithologie, Berlin
- SAUPE, Fr. 1965: Résultats préliminaires de l'étude géochimique du sondage du stratotype du  
Lotharingien.  
Bull. d'information des Géolog. du Bassin de Paris No 3, Février 1965, pp. 302-305
- SCHMIDT, H. 1965: Zur geologischen Bedeutung des marinen Sulphuretums.  
Geolog. Rundschau Bd. 54, H. 2, pp. 632 - 644
- SCHOENENBERG, R. 1964: in EINSELE G et Sch. R. Epirogen-tektonische Grundzüge des süddeutschen  
Beckens und seiner süd-östlichen Randgebiete im Mesozoikum.  
Publ. du Service Géolog. de Luxembourg, Vol. XIV, pp. 137 - 164
- SEIBOLD, E. 1964: in Lehrbuch der Allgemeinen Geologie  
herausgegeben von R. BRINKMANN, Bd. I
- SLANSKY, M. 1964: Généralités sur la sédimentation phosphatée et la recherche du phosphate.  
Bull. B.R.G.M. Nr. 1, pp. 43 - 61

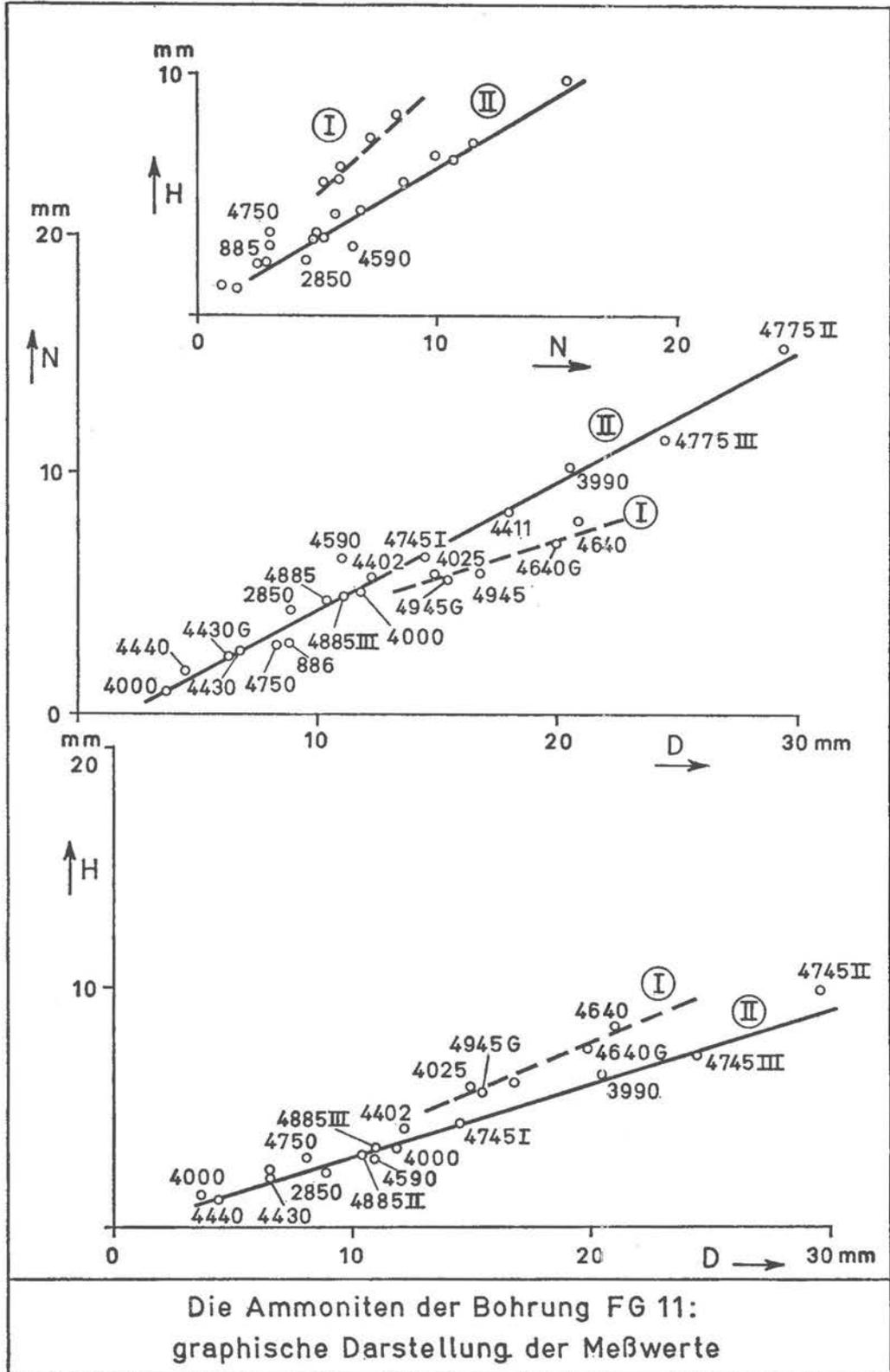
- SÖLL, H. 1957: Stratigraphie und Ammonitenfauna des mittleren und oberen Lias beta (Loth.) in Mittel-Württemberg. Geol. Jahrb., 72, pp. 367 - 434, Hannover
- STEINMANN, G. 1887: Erläuterungen zur geol. Übersichtskarte des nordwestlichen Deutsch-Lothringen.
- STUBER, J. -. 1893: Die obere Abteilung des unteren Lias in Deutsch-Lothringen.
- SWINNERTON, H. H. 1964: The early development of *Gryphaea*. Geol. Mag. G.B. t. 101, Nr. 5, pp. 409 - 420
- TERQUEM, O. 1855: Paléontologie du système liasique inférieur du Grand-Duché de Luxembourg et d'Hettange. Mém. soc. géol. de France, 2e série, t. 5, pp. 223 - 244, Paris
- TERQUEM, O. & PIETTE, E. 1862: Le Lias inf. de la Meurthe, de la Moselle, du Grand-Duché de Luxembourg etc. Bull. soc. géol. de France, 2e série, T. 19
- TRICART, J. 1949: La partie orientale du Bassin de Paris, La genèse du Bassin, Paris
- VISHER, G. S. 1965: Use of vertical Profile in environmental reconstr. Bull. of the Americ. Assoc. of Petroleum Geol. Vol. 49, Nr. 1, pp. 41 - 61
- WALTHER, J. 1893-94: Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft, Fischer Verlag, Jena
- VAN WERVEKE, L. 1887: Erläuterungen zur geologischen Übersichtskarte der südlichen Hälfte des Großherzogtums Luxemburg. — Komm. für die geol. Landes-Untersuchung in Elsaß-Lothringen. Straßburg.
- , ——. 1901: Profile zur Gliederung des reichsländischen Lias und Doggers und Anleitung zu einigen geologischen Ausflügen in den lothr. und luxemburger Jura. Mitt. der geol. L. A. von Elsaß-Lothringen, Bd. 7 H. 3, pp. 166 - 296, Straßburg
- ZEUNER, F. 1933: Die Lebensweise der Gryphäen. Paläobiologica, Bd. V
- ZIEGLER, B. 1963: Ammoniten als Faziesfossilien. Paläont. Z. Bd. 37, Nr. 1-2, pp. 96 - 102

### Aufschlußverzeichnis

1. Athenäum  
Topographische Karte 1:25.000  
CAPELLEN (Capellen-Esch N<sup>os</sup> 3-4)  
r : 75 78  
h : 74 22  
Baugelände des Neuen Athenäums in Luxemburg
2. Bohrung FG 11  
Topographische Karte 1:25.000  
LUXEMBOURG (Luxembourg N<sup>os</sup> 1-2)  
r : 82 54  
h : 73 39  
Baugelände der Firma Du Pont de Nemours bei Contern
3. Bohrung Itzig (Symbol B)  
Topographische Karte 1:25.000  
LUXEMBOURG (Luxembourg N<sup>os</sup> 1-2)  
r : 80 99  
h : 73 22  
im Wäldchen
4. «Bous-Dalheim»  
Topographische Karte 1:25.000  
MONDORF-les-Bains (Luxembourg N<sup>os</sup> 5-6)  
r : 89 24  
h : 67 32  
an der Nat. Straße 13 zwischen Bous und Dalheim, nördl. Straßenböschung
5. Elvingen 1 (Symbol E)  
Topographische Karte 1:25.000  
REMICH (Luxembourg N<sup>os</sup> 7-8)  
r : 90 50  
h : 64 04  
an der Straße C.R. 192 zwischen Ellange und Elvange am Wasserréservoir
6. Elvingen 2 (Symbol E)  
Topographische Karte 1:25.000  
REMICH (Luxembourg N<sup>os</sup> 7-8)  
r : 90 11  
h : 64 44  
an der Straße C.R. 192 zwischen Ellange und Elvange, östliche Straßenböschung an der Kreuzung mit der ehemaligen Straße nach Remich.
7. Elvingen 3 (Symbol E)  
Topographische Karte 1:25.000  
REMICH (Luxembourg N<sup>os</sup> 7-8)  
r : 90 32  
h : 65 64

- an der Straße C.R. 150 zwischen Mondorf und Remich, 400 m langer Aufschluß östl. der Kreuzung mit der C.R. 192
8. Kinderklinik  
 Topographische Karte 1:25.000  
 CAPELLEN (Capellen-Esch N<sup>os</sup> 3-4)  
 r : 74 91  
 h : 75 92  
 Baugelände der Kinderklinik bei Strassen
  9. Koerich 1 (Symbol K)  
 Topographische Karte 1:25.000  
 CAPELLEN (Capellen-Esch N<sup>os</sup> 3-4)  
 r : 63 41  
 h : 81 41  
 an der Straße Koerich-Steinfort (sentier des 7 châteaux), im Hohlweg
  10. Koerich 2 (Symbol K)  
 Topographische Karte 1:25.000  
 STEINFORT (Capellen-Esch N<sup>os</sup> 1-2)  
 r : 63 04  
 h : 81 23  
 an der Straße Koerich-Steinfort (sentier des 7 châteaux), südl. Straßenböschung
  11. Koerich 3 (Symbol K)  
 Topographische Karte 1:25.000  
 CAPELLEN (Capellen-Esch N<sup>os</sup> 3-4)  
 r : 64 39  
 h : 81 06  
 an der Straße C.R. 107 zwischen Koerich und Wandhaff, westliche Straßenböschung, am Waldrand
  12. Mercier (Symbol M)  
 Topographische Karte 1:25.000  
 LUXEMBOURG (Luxembourg N<sup>os</sup> 1-2)  
 r : 77 36  
 h : 73 82  
 Baugelände des neuen Postgebäudes in Luxembourg
  13. Remerschen (Symbol RE)  
 Topographische Karte 1:25.000  
 REMERSCHEN (Luxembourg N<sup>os</sup> 7-8bis)  
 r : 92 48  
 h : 60 98  
 an der Straße C.R. 152 zwischen Burmerange und Remerschen, südl. Straßenböschung
  14. «Remich-Mondorf» (Symbol R-M)  
 Topographische Karte 1:25.000  
 REMICH (Luxembourg N<sup>os</sup> 7-8)  
 r : 91 75  
 h : 65 74  
 an der Straße C.R. 150 zwischen Mondorf und Remich, nördl. Straßenböschung gegenüber der Abzweigung der C.R. 151 nach Wellenstein
  15. Remich-Scheierbiert  
 Topographische Karte 1:25.000  
 REMICH (Luxembourg N<sup>os</sup> 7-8)  
 r : 92 55  
 h : 66 65  
 an der Straße C.R. 150 zwischen Mondorf und Remich, nördl. Straßenböschung

16. Sandweiler 1 (Symbol S)  
 Topographische Karte 1:25.000  
 LUXEMBOURG (Luxembourg N<sup>os</sup> 1-2)  
 r : 84 78  
 h : 74 92  
 an der E 42 (Luxemburg-Remich), an der östl. Straßenböschung
17. Sandweiler 2 (Symbol SN)  
 Topographische Karte 1:25.000  
 LUXEMBOURG (Luxembourg N<sup>os</sup> 1-2)  
 r : 84 66  
 h : 75 08  
 an der E 42 (Luxemburg-Remich), beide Straßenböschungen
18. Schengen (Symbol SCH)  
 Topographische Karte 1:25.000  
 REMERSCHEN (Luxembourg N<sup>os</sup> 7-8bis)  
 r : 92 59  
 h : 59 54  
 Straße Burmerange-Schengen, südl. Straßenböschung
19. Syren (Symbol SY)  
 Topographische Karte 1:25.000  
 MONDORF-les-Bains (Luxembourg N<sup>os</sup> 5-6)  
 r : 82 27  
 h : 70 05  
 westlicher Mund des Eisenbahntunnels, nördl. Anschnitt
20. Welfringen (Symbol W)  
 Topographische Karte 1:25.000  
 MONDORF-les-Bains (Luxembourg N<sup>os</sup> 5-6)  
 r : 88 28  
 h : 67 65  
 an der Nat. Straße 13 zwischen Bous und Dalheim, NW-Ortsausgang von Welfringen
21. Wintringen (Symbol WT)  
 Topographische Karte 1:25.000  
 REMICH (Luxembourg N<sup>os</sup> 7-8)  
 r : 91 73  
 h : 62 88  
 an der Straße C.R.192 zwischen Burmerange und Wintrange, westl. Straßenböschung
22. Wouer (Symbol WO)  
 Topographische Karte 1:25.000  
 MONDORF-les-Bains (Luxembourg N<sup>os</sup> 5-6)  
 r : 88 56  
 h : 65 20  
 verlassener Sandsteinbruch, östl. der Straße C.R. 192, bei Ellange.



Die Ammoniten der Bohrung FG 11:  
graphische Darstellung der Meßwerte

Tafel 2

- Abb. 1: Form 4.700  
Kreisausschnitt eines Ammoniten  
Bohrung Contern FG 11
- Abb. 2: Form 4.025  
*Asteroceras obtusum* (SOWERBY)  
Bohrung Contern FG 11
- Abb. 3: Form 4.745<sub>1</sub>, links im Bild  
Form 4.745<sub>2</sub>, rechts im Bild  
*Promicroceras planicosta* (SOWERBY)  
Bohrung Contern FG 11
- Abb. 4: Form 4.404  
v-förmige Ringrippen  
Bohrung Contern FG 11
- Abb. 5: Form 4.430  
Jugendformen? von *Promicroceras planicosta* (SOWERBY)  
Bohrung Contern FG 11
- Abb. 6: Form 4.750  
*Asteroceras collenoti* HYATT  
Bohrung Contern FG 11
- Abb. 7: Form 885  
*Oxynticeras* spec.  
Bohrung Contern FG 11
- Abb. 8: Form 2.850  
*Bifericeras* spec.  
Bohrung Contern FG 11



Abb. 1

2 cm



Abb. 2

1 cm



Abb. 3

1 cm



Abb. 4



Abb. 5



Abb. 6



Abb. 7



Abb. 8

0 5 10 mm

zu Abb. 4, 5, 6, 7 u. 8

Tafel 3

- Abb. 1: *Bifericeras bifer* (QUENSTEDT)  
Bohrung Itzig
- Abb. 2: *Echioceras* spec.  
Lesestein Syren
- Abb. 3: *Arnioceras acuticarinatum* (SIMPSON)  
Koerich 2
- Abb. 4: *Arnioceras oppeli* FRANIATTE  
Mercier (Luxemburg), Probe M 12
- Abb. 5: *Coroniceras lyra* HYATT  
Mercier (Luxemburg), Probe M 12
- Abb. 6: *Arnioceras* c.f. *arnouldi* (DUMORTIER)  
Syren, Probe Sy 3



Abb. 1

1cm



Abb. 2

1cm



Abb. 3

2cm

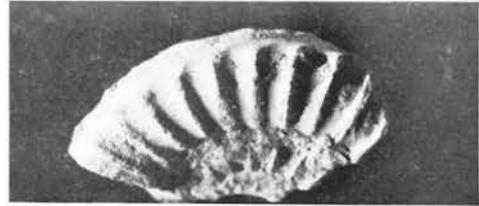


Abb. 4

2cm



Abb. 5

0 3 6cm



Abb. 6

1cm

Tafel 4

Abb. 5.880 (Bohrung FG 11)

Mikrofaunenzahl: 539

F./O. = 0,9

*Nodosaria* 24%

*Fronicularia* 21%

*Lenticulina* 17%

*Planularia* 17%

*Lingulina* 11%

*Hungarella* 80%

Abb. 5.375

Mikrofaunenzahl: 2.774

F./O. = 7,0

*Lingulina* 58%

*Dentalina* 15%

*Bairdia* 44%

*Hungarella* 26%

Abb. 5.150

Mikrofaunenzahl: 1.342

F./O. = 10

*Lingulina* 48%

*Marginulina* 23%

*Bairdia* 46%

*Hungarella* 24%

Abb. 4.850

Mikrofaunenzahl: 1.630

F./O. = 7,1

*Lingulina* 78%

*Procytheroidea* 29 %

*Isobryocypris* 22 %

*Krausella* 17 %

*Hungarella* 13 %

*Bairdia* 10 %

Abb. 3.560

Mikrofaunenzahl: 134

*Foraminifera*: 130 Stück

*Ostracoda*: 4 Stück

*Dentalina* 35%

*Lenticulina* 25%

*Fronicularia* 10%

Abb. 1020

*Ammodiscus*

*Dentalina*

*Fronicularia*

*Hungarella*



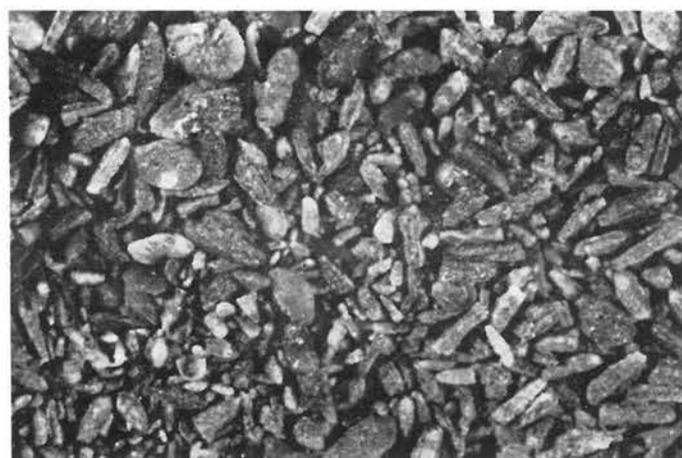
020



3560



850



5150



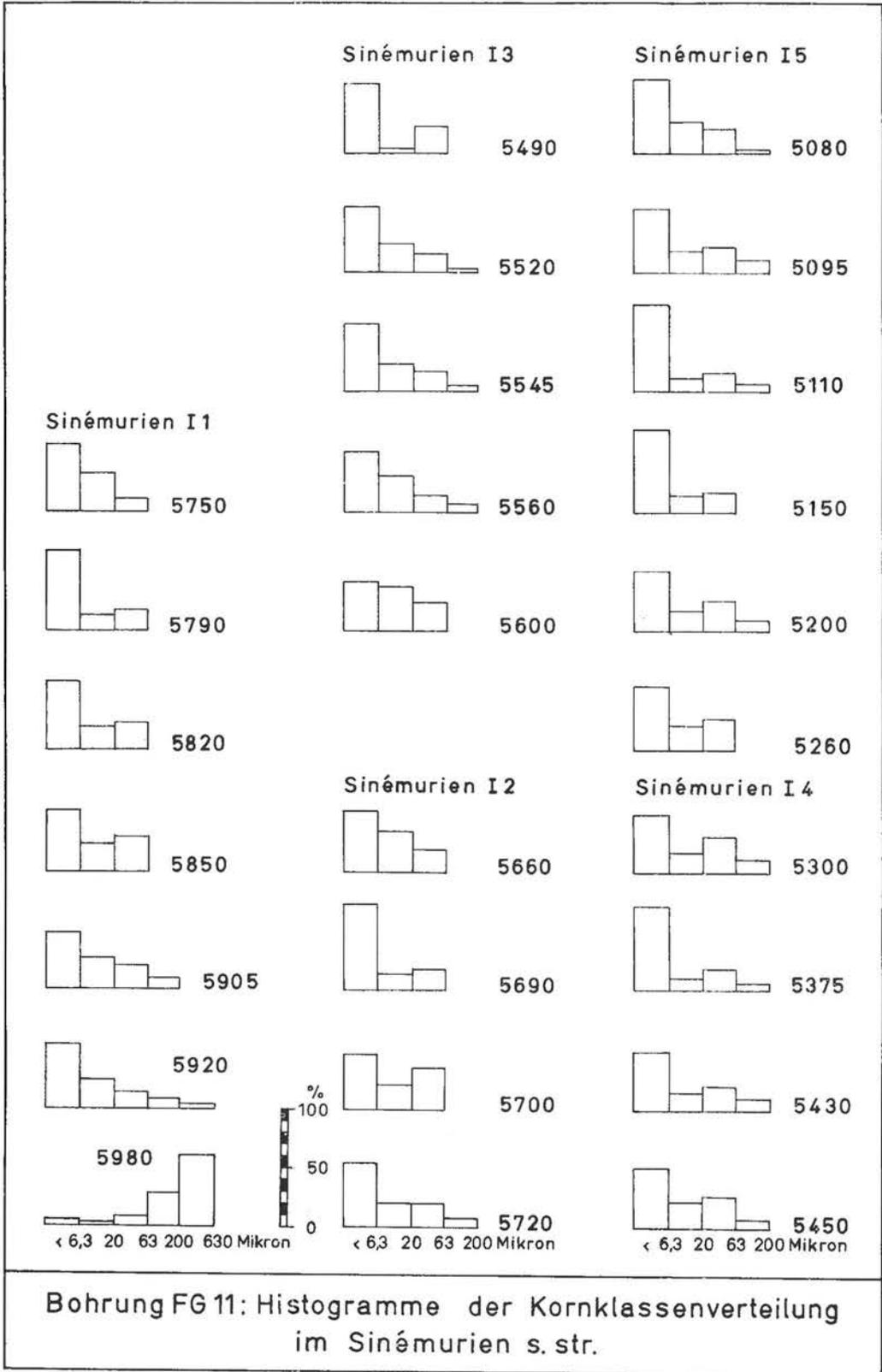
375

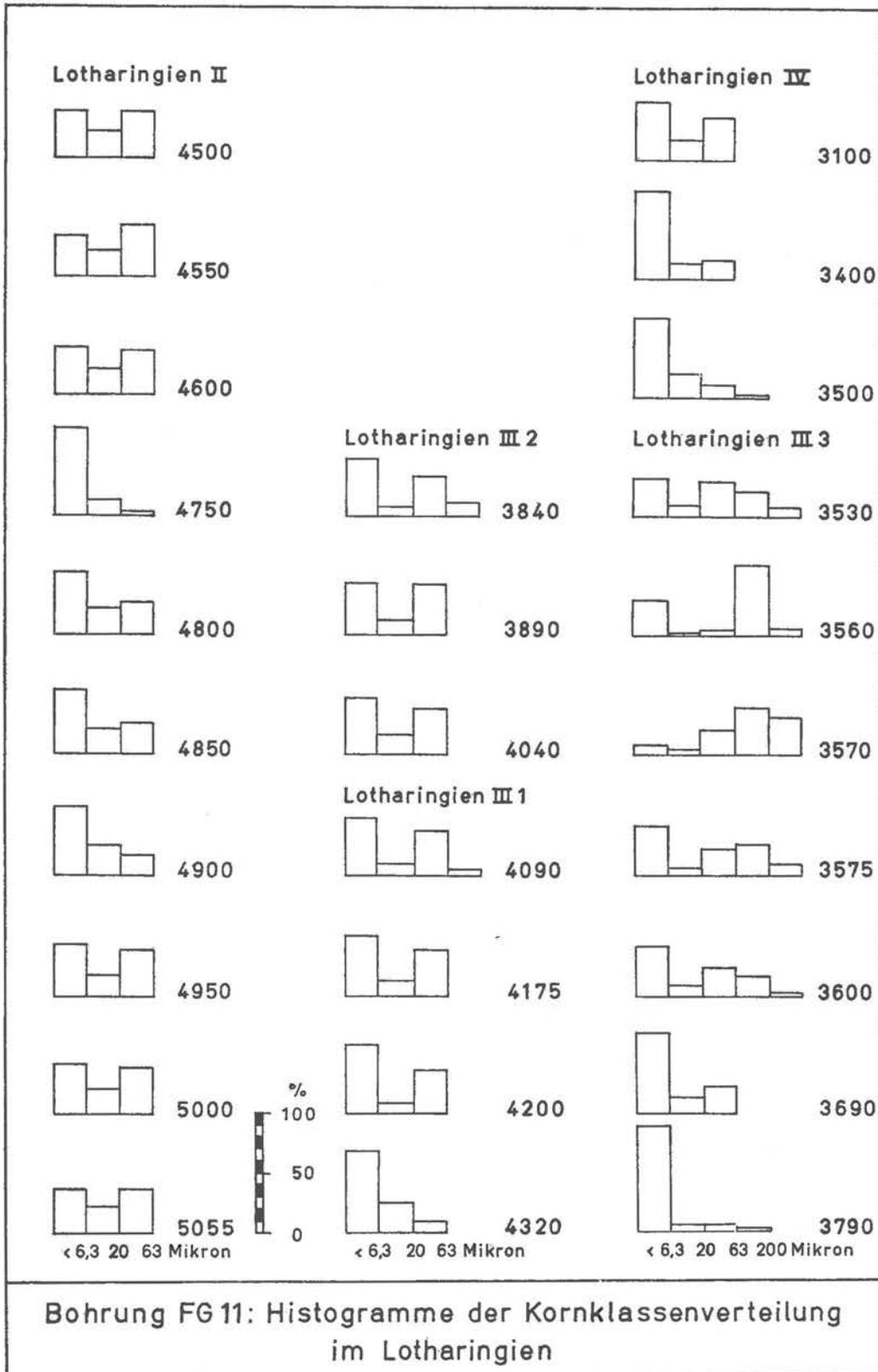


5880

0 1 2 mm

TAFEL 5a











TAFEL 6d

Lotharingien IV						Probe Nr.
3400	2650	2100	1690	1020	715	300
						C. orbicula
						Am. icertus
						M. prima
						interrupta
						N. clavif.
						metensis
						fontin.
						s. prismat.
						D. terquemi
						varians
						matutina
						häusleri
						funicul.
						nuda
						L. varians
						V. anceps
						listi
						Fr. sulcata
						bicostata
						involuta
						L. tenera
						PG. pupoides
						C. inflata
						H. spec. B
						etaulens.
						mouhers.
						B. molesta
						By. elongata
						P. semidisca
						PC. m. costat.
						triebeli
						Muschelschill
						Muschelbrut
						Aneptychen
						Schnecken
						Ophiuren
						"Pyritbakt"

Aufschluß	Mächtigkeit	Gesteinbez.	Probe Nr.	Karbonatanteil %	Mikroskop. Bild			Name:	
					Endoklaste %	Organoklaste %	Pseudooide %		Sand %
<b>Schengen</b>	17,70 m - 17,20 m	Kalk	SCH 24	83	—	19	—	9	allochem. Kryptit
	- 15,10	Mergel	SCH 23						
	- 14,80	Kalk	SCH 22	84	—	4	1	5	Kryptit
	- 14,20	Mergel	SCH 21						
	- 14,00	Kalk	SCH 20	85	—	19	7	6	allochem. Kryptit
	- 13,50	Mergel							
	- 13,40	Kalk	SCH 19						
	- 13,10	Mergel							
	- 12,80	Kalk	SCH 18						
	- 11,60	Mergel	SCH 17						
	- 11,30	Kalk	SCH 16	85	—	5	4	2	Kryptit
	- 9,90	Mergel	SCH 15						
	- 9,70	Kalk	SCH 14						
	- 8,10	Mergel	SCH 13						
	- 7,70	Kalk	SCH 12						
	- 5,70	Mergel	SCH 11						
	- 5,30	Kalk	SCH 10						
	- 4,30	Mergel	SCH 09						
	- 4,00	Kalk	SCH 08	74	—	6	13	5	allochem. Kryptit
	- 3,40	Mergel	SCH 07						
- 3,20	Kalk	SCH 06							
- 1,40	Mergel	SCH 05	26						
- 1,20	Kalk	SCH 04	60	—	5	7	11	sd. alloch. Kryptit	
- 0,25	Mergel	SCH 03	22						
- 0	Kalk	SCH 02							

Tabelle 4a: SE LUXEMBURG

Aufschluss	Mächtigkeit	Gesteinbez.	Probe Nr.	Karbonatanteil %	Mikroskop. Bild				Name:	
					Endoklaste %	Organoklaste %	Pseudoide %	Sand %		
<b>Wintringen</b>	3,35 m - 3,00 m	Kalk	WT 3	81	1	4	11	6	allochem. Kryptit	
	- 2,15	Mergel	WT 2	85	—	13	9	1	allochem. Kryptit	
	- 1,70	Kalk	WT 2	85	—	13	9	1	allochem. Kryptit	
<b>Remerschen</b>	- 0,40	Mergel	WT 1	76	7	8	12	5	allochem. Kryptit	
	- 0	Kalk	WT 1	76	7	8	12	5	allochem. Kryptit	
	15,20 m - 14,90 m	Kalk	RE 13	84	—	5	16	4	allochem. Kryptit	
	- 13,00	Mergel	RE 12							
	- 12,60	Kalk	RE 11	83	—	1	22	12	sd. Pseudoolith-Kryptit	
	- 9,80	Mergel	RE 10							
	- 9,50	Kalk	RE 09							
	- 7,20	Mergel	RE 08							
	- 7,00	Kalk	RE 07		64					
	- 6,40	Mergel	RE 06							
	- 5,90	Kalk	RE 05		63	4	21	18	14	sd. Organoklast-Kryptit
	- 3,60	Mergel	RE 04							
- 3,30	Kalk	RE 03			1	2	20	13	sd. Pseudoolith-Kryptit	
- 0,30	Mergel	RE 02								
- 0	Kalk	RE 01		73						

Tabelle 4b: SE LUXEMBURG

Aufschluß	Mächtigkeit	Gesteinbez.	Probe Nr.	Karbonatanteil %	Mikroskop. Bild			Name:	
					Endoklaste %	Organoklaste %	Pseudoolithe %		Sand %
<b>Elvingen 1</b>	1,20 m - 0,70 m	Mergel	EO 1	87	—	39,8	0,4	—	Organoklast- Kryptit
	- 0,50	Mergel							
<b>Elvingen 2</b>	2,55 m - 2,35 m	Kalk	EO 3	84	—	23,9	1,6	3,2	Organoklast- Kryptit
	- 2,23	Mergel	EO 4	85	—	16,0	3,0	5,4	allochem. Kryptit
	- 2,10	Kalk							
	- 0,50	Mergel	EO 5	83	—	31,6	1,0	2,6	Organoklast- Kryptit
	- 0,40	Kalk							
	- 0,10	Mergel	EO 6	84	0,5	11,2	4,4	4,1	allochem. Kryptit
- 0	Kalk								
<b>Elvingen 3</b>	1,16 m - 0,93 m	Kalk	EO 7		—	15,2	0,5	7,7	allochem. Kryptit
	- 0,18	Ton	EO 8		—	20,9	0,3	1,2	Organoklast- Kryptit
	- 0	Kalk							
<b>Wouer</b>			WO 4		1	11	21	14	sd. Pseudoolith- Kryptit
			WO 3		—	8	15	16	sd. Kryptit
			WO 1		4	30	20	13	sd. Organoklast- Kryptit
<b>Remich/Mondorf</b>			10A		14	2	5	16	sd. alloch. Kryptit

Tabelle 4c: SE LUXEMBURG

Aufschluß	Mächtigkeit	Gesteinbez.	Probe Nr.	Karbonatanteil %	Mikroskop. Bild			Name:		
					Endoklaste %	Organoklaste %	Pseudocide %		Sand %	
<b>Welfringen</b>	2,93 m - 2,83 m	Kalk	W 1	66	29,5	37,1	1,7	21	sd. Endoklast-Krgptosomatit	
	- 2,65	Mergel	W 2	21						
	- 2,35	Kalk	W 3	61	29,2	13,0	7,9	24	sd. Endoklast-Kryptosomatit	
	- 1,36	Mergel	W 4	18						
	- 1,00	Kalk	W 5	59	2,5	13,4	2,8	18	sd. alloch. Kryptit	
				W 7	69	5,8	41,1	4,6	26	sd. Organoklast-Kryptosomatit
	- 0,60	Mergel	W 8	4						
	- 0,30	Kalk	W 9	64	4,2	8,0	1,8	16	sd. alloch. Kryptit	
	- 0	Mergel	W 10	7						
	<b>„Bous-Dalheim“</b>			6380		—	6	23	8	Pseudoolith-Kryptit
			6350		3	14	17	10	sd. alloch. Kryptit	
			3270		14	3	26	54	sd. Pseudoooid-Kryptosmoatit	
			x1		6	17	7	17	sd. Kryptit	
			1090		—	20	7	9	Organoklast-Kryptit	

Tabelle 4d: SE LUXEMBURG

Aufschluß	Mächtigkeit	Gesteinbez.	Probe Nr.	Karbonatanteil %	Mikroskop. Bild				Name:
					Endoklaste %	Organoklaste %	Pseudoide %	Sand %	
<b>Syren</b>	5,15 m - 4,90 m	Kalk	Sy 6		20	48	1	1	Organoklast-Kryptosomatit
	- 4,60	Mergel							
	- 4,50	Kalk	Sy 5		51	6	23	3	Endoklast-Kryptosomatit
	- 4,10	Mergel							
	- 3,95	Kalk	Sy 4		43	20	6	5	Endoklast-Kryptosomatit
	- 3,70	Mergel							
	- 3,50	Kalk	Sy 3		20	23	3	2	Organoklastischer Kryptit
	- 2,75	Mergel							
	- 2,65	Kalk	Sy 2		50	16	6	13	sd. Endoklast-K.S.
- 1,65	Mergel								
- 1,50	Kalk	Sy 1		26	22	5	3	Endoklast-K.S.	
- 0	Mergel								
«surface taraudée» des Luxemburger Sandsteines									

Tabelle 5a: MITTEL-LUXEMBURG

Aufschluß	Mächtigkeit	Gesteinbez.	Probe Nr.	Karbonatanteil %	Mikroskop. Bild				Name:
					Endoklaste %	Organoklaste %	Pseudooide %	Sand %	
<b>Sandweiler 2</b>	2,66 m - 2,44 m	Kalk	SN 244	83	17	7	13	8	allochem .Kryptit
	- 2,14	Mergel							
	- 2,04	Kalk	SN 204	73					
	- 1,37	Mergel							
	- 1,27	Kalk	SN 127	83	15	8	3	2	allochem. Kryptit
- 0,87	Mergel								
- 0,70	Kalk	SN 70	67	40	13	7	7	Endoklast- Kryptosomatit	
- 0	Mergel								
<b>Sandweiler 1</b>	3,83 m - 3,75 m	Kalk	S 375	75					
	- 3,30	Mergel	S 350	21					
	- 3,21	Kalk	S 321	70	5	4	6	10	allochem. Kryptit
	- 2,21	Tone	S 281	8					
	- 2,04	Kalk	S 204	75	7	2	4	5	allochem. Kryptit
	- 1,79	Mergel	S 179	42					
	- 1,71	Kalk	Z 171	80	7	6	4	5	allochem. Kryptit
	- 1,57	Mergel	S 157	29					
	- 1,46	Kalk	S 146	83	2	9	6	3	allochem. Kryptit
	- 1,33	Mergel	S 133	32					
- 1,25	Kalk	S 125	83	2	25	1	8	Organoklast- Kryptit	
- 0	Mergel	S 085	30						
«surface taraudée» des Luxemburger Sandsteines									

Aufschluß	Mächtigkeit	Gesteinbez.	Probe Nr.	Karbonatanteil %	Mikroskop. Bild				Name:
					Endoklaste %	Organoklaste %	Pseudooide %	Sand %	
<b>FG 11</b>	50,80 m - 50,95 m	Kalk	5080	71	5	4	1	1	allochem. Kryptit
	- 51,10	Kalk	5095	55	10	5	—	6	allochem. Kryptit
	- 51,35	Kalk	5110	71					
	- 51,80	Mergel	5150	26					
	- 52,45	Kalk	5200	75	47	3	10	2	Endoklast-Krgptosomatit
	- 52,80	Mergel	5260	42					
	- 53,45	Kalk	5300	77	74	3	2	4	Endoklast-Kryptosomatit
	- 53,95	Mergel	5375	43					
	- 54,50	Kalk	5430	79	24	6	9	—	Endoklast-Kryptit
	- 54,75	Mergel	5450	44					
	- 55,20	Kalk	5490	48	32	2	—	—	Endoklast-Kryptit
	- 55,45	Mergel	5520	46	36	10	—	—	Endoklast-Kryptit
	- 55,60	Mergel	5545	19					
	- 55,75	Mergel	5560	58					
	- 56,50	Tone	5600	10					
	- 56,80	Kalke	5660	84	10	—	4	9	allochem. Kryptit
	- 57,00	Mergel	5690	30					
	- 57,18	Kalke	5700	62	7	3	6	—	allochem. Kryptit
	- 57,35	Mergel	5718	21					
	- 57,80	Kalke	5750	83	12	20	—	—	Organoklast-Kryptit
- 58,00	Mergel	5790	52						
- 58,30	Mergel	5820	24						
- 58,60	Mergel	5850	32	18	—	—	—	allochem. Kryptit	
- 59,15	Mergel	5905	34	27	1	—	—	Endoklast-Kryptit	
- 59,30	Mergel	5920	10						

Tabelle 5c: MITTEL-LUXEMBURG

Tabelle 5 d  
MITTEL-LUXEMBURG

Aufschluß	Mächtigkeit	Gestein	Probe Nr.
Bohrung <b>Itzig</b> Obere Kalkgruppe	0 - 12,20 m	Tone	
	- 12,60	fossilr. + eisen-	B 5 (14,5 m)
	- 16,25	oolith. Kalke	B 7 (16,0 m)
Lotharingien IV	- 32,40	Mergel	
	- 32,50	Kalk	B 8 (32,6 m)
	- 49,50	tonige Mergel	
Lotharingien III + II	- 49,60	Kalksandstein	B 6 (49,5 m)
	- 62,60	tonige Mergel	
	- 63,00	Kalk m. <i>P. planicosta</i>	
	- 63,35	Mergel	
Sinémurien I	- 63,65	Kalk	
	- 64,00	Mergel	
	- 64,50	Kalk m. <i>Spiriferina</i>	
	- 65,25	Mergel m. <i>Gryphaea</i>	
	- 65,75	Kalk	
	- 66,00	Mergel m. <i>Gryphaea</i>	
	- 66,20	Kalk	
	- 66,80	Mergel	
	- 66,90	Kalk	
	- 67,10	Mergel	
	- 67,30	Kalk	
	- 68,60	Tone	
	- 69,00	Kalk	
	- 69,35	Mergel	
	- 69,45	Mergel	
	- 69,50	Kalk	
	- 69,60	Mergel	
	- 69,65	Kalk m. <i>Pecten</i>	
- 70,20	Mergel		
- 70,35	kalkige Mergel		
- 70,85	Mergel		
- 71,00	Kalk		
- 71,20	Mergel		
- 71,55	Kalke		
- 71,80	Mergel		
Hettangien	- 79,80	Sandstein mit «surface taraudée»	

Tabelle 5e  
MITTEL-LUXEMBOURG

Aufschluß	Probe Nr.	Endoklaste %	Organoklaste %	Ooide	Pseudooide %	Sand %	Name:
<b>Itzig</b>	B5	36	8	26	—	10	sd. Endoklast-K.S
	B7	62	37	—	—	26	sd. Endoklast-Somatit
	B8	8	8	—	1	3	allochem. Kryptit
	B6	90	8	—	—	35	sd. Endoklast-Somatit

Aufschluß	Mächtigkeit	Gesteinbez.	Probe Nr.	Karbonatanteil %	Mikroskop. Bild				Name:	
					Endoklaste %	Organoklaste %	Pseudooide %	Sand %		
<b>Mercier</b>	4,66 m - 4,56 m	Kalk	M 15	85	0,3	15,4	2,3	3,4	allochem. Kryptit	
	- 4,34	Mergel	M 14	38						
	- 4,14	Kalk	M 13	75	0,5	10,6	3,7	4,0	allochem. Kryptit	
	- 3,54	Mergel	M 12	64						
	- 3,44	Kalk	M 11	75	—	27,0	1,0	0,5	Organoklast-Kryptit	
	- 3,31	Mergel	M 10	78						
	- 3,15	Kalk	M 09	75	—	18,0	—	0,6	Organoklast-Kryptit	
	- 2,98	Mergel	M 08	28						
	- 2,68	Kalk	M 07	78	—	69,0	—	—	Organoklast-Kryptosomatit	
	- 1,03	ton. Mergel	M 06	6						
	- 0,73	Kalk	M 05 + 04	42 + 52		—	25,2	2,2	5,5	Organoklast-Kryptit
	- 0,51	Mergel	M 03	16						
	- 0,35	Kalk	M 02	78		1,3	14,9	—	3,4	allochem. Kryptit
- 0	Mergel	M 01	10							
«surface taraudée» des Luxemburger Sandsteines										

Tabelle 5 f: MITTEL-LUXEMBOURG

Tafel 5g  
MITTEL-LUXEMBURG

Aufschluß	Mächtigkeit	Gesteinbezeichnung
<b>Athenaeum</b>	0, - 3,90 m - 4,00 - 4,55 - 4,90 - 5,15 - 5,25 - 5,27 - 5,47 - 5,60 - 5,90 - 6,10 - 6,55 - 7,35 - 7,45 - 7,55 - 7,80 - 8,00 - 8,10 - 8,20 - 8,40 - 10,20 - 10,30 - 10,40 - 10,60 - 10,90 - 11,90	Mergel Kalk Mergel Kalk Mergel Kalk Mergel Kalk Mergel Kalk Mergel Kalk Mergel Kalk Mergel Kalk Mergel Kalk Mergel Kalk Mergel Kalk Mergel Kalk Mergel Kalk Mergel Kalk Mergel Luxemburger Sandstein

Aufschluß	Mächtigkeit	Gesteinbez.	Probe Nr.	Karbonatanteil %	Mikroskop. Bild				Name
					Endoklaste %	Organoklaste %	Pseudoide %	Sand %	
<b>Koerich 1</b>	0,10 m - 0,5 m	Kalk	K 24	72	0,9	58,2	4,8	4,1	Organoklast-Kryptosomatit
	- 0	Kalk	K 23	73	0,4	38,1	4,4	3,4	Organoklast-Kryptit
	0,90 m - 0,75 m	Kalk	K 22	79	—	40,3	1,4	4,1	Organoklast-Kryptit
	- 0,50	Kalk	K 21						
	- 0,45	Mergel							
	- 0,40	Kalk	K x1	83	1,3	31,4	1,3	2,3	Organoklast-Kryptit
- 0	Mergel	K x2	36						
«surface taraudée» des Luxemburger Sandsteines									
<b>Koerich 2</b>	0,60 m - 0,46 m	Kalk	K 32	86	—	14,8	0,6	4,4	allochem. Kryptit
	- 0,26	Mergel							
	- 0,20	Kalk	K 31	82	5,0	20,4	2,6	6,1	Organoklast-Kryptit
	- 0	Mergel							
«surface taraudée» des Luxemburger Sandsteines									
<b>Koerich 3</b>	0,90 m - 0,50 m	Mergel	K 13	38					
	- 0,26	Kalk	K 12	87	—	63,1	2,1	3,7	Organoklast-Kryptosomatit
	- 0	Mergel	K 11	48					

Tabelle 6 NW-LUXEMBURG



Über die Sporenführung  
des Kernprofils  
der Bohrung Contern FG 11  
(UNTERER LIAS, LUXEMBURG)

---

mit 1 Abbildung, 6 Tafeln und 1 Anlage

VON  
WERNER HILTMANN\*  
AACHEN

Als Diplomarbeit angefertigt am Institut für Geologie und Paläontologie (Prof. Berger) der T.H. Aachen

---

\* Anschrift des Verfassers: Dipl. Geologe W. HILTMANN, 51 AACHEN, Geologisches Institut der T.H.,  
Templergraben 55



## Zusammenfassung

Es wurden 20 Gesteinsproben aus einer bei Contern (Luxemburg) niedergebrachten Kernbohrung auf ihre Sporenführung untersucht. Die stratigraphische Stellung der Proben ist unteres und mindestens z.T. oberes Sinémurien.

Als ein geeignetes Verfahren zur Freilegung der Sporen aus dem Gestein erwies sich die Bromierung mit anschließender Schwereflüssigkeitstrennung.

Bei der Bestandsaufnahme und taxonomisch-systematischen Bearbeitung der aufgefundenen Sporen und Pollen konnte nur ein Teil bereits bekannten Gattungen und Arten zugeordnet werden. Es wurden 4 neue Gattungen und 23 neue Arten beschrieben. 7 Gattungen oder Arten wurden emendiert und 6 Arten neu kombiniert.

Eine Gliederung des Unteren Lias im untersuchten Profil ist möglich: Im Bereich der vermuteten Grenze zwischen unterem und oberem Sinémurien sind zwei Formen (*Densosporites sphaerotriangularis* und *Abietinaepollenites microalatus*) durch einen markanten Häufigkeitswechsel gekennzeichnet.

In der Häufigkeitsverteilung besteht für einige wichtige Sporen- und Pollenarten gute Übereinstimmung mit den von COUPER aus Nordschottland und Yorkshire beschriebenen Verhältnissen. Starke Abweichungen zeigen dagegen die Sporenvergesellschaftungen des unteren Lias in Oberfranken und Thüringen.

## Résumé

On a examiné le contenu sporologique de vingt échantillons sinémuriens provenant du forage Contern FG 11 (Luxembourg). Pour dégager les spores, on a traité les roches au brome, ensuite on a fractionné à l'aide de liquides denses.

Lors de l'inventaire des formes et de leur analyse systématique et taxonomique, seulement une partie des formes a pu être attribuée à des genres ou des espèces connus. On a décrit 4 genres et 23 espèces nouveaux. 7 genres ou espèces ont été émendés, six espèces sont nouvellement combinées.

Dans la coupe examinée, une subdivision du Lias inférieur est possible. La limite Sinémurien/Lotharingien coïncide avec le changement quantitatif marqué de deux formes (*Densosporites sphaerotriangularis* et *Abietinaepollenites microalatus*).

Il existe pour certaines espèces de spores et de pollens une bonne coïncidence dans la répartition quantitative avec les coupes décrites par COUPER de l'Ecosse sept. et du Yorkshire. De grandes divergences sont cependant enregistrées avec les complexes sporologiques du Lias inf. de la Haute-Franconie et de la Thuringie.



## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1. Einleitung</b>	
1.1. Ziel der Arbeit . . . . .	143
1.2. Lage des Bohrpunktes; Stratigraphische Stellung des Profils . . . . .	143
<b>2. Methodik</b>	
2.1. Probenentnahme . . . . .	145
2.2. Aufbereitung und Mazeration . . . . .	145
2.3. Die Auszählung. . . . .	146
<b>3. Systematischer Teil</b>	
3.1. Einleitung. . . . .	146
3.2. Spezieller Teil . . . . .	147
<b>4. Ergebnisse</b>	
4.1. Sporenführung . . . . .	185
4.2. Zusammensetzung der Flora . . . . .	185
4.3. Auswertung . . . . .	186
Verwendete Literatur . . . . .	190
Tafelerklärungen . . . . .	193
Tafeln	
Anlagen	



## 1. Einleitung

### 1.1. Ziel der Arbeit.

Aus dem luxemburgisch-lothringischen Raum liegen — von einem ersten Überblick bei KRAMP (1965) abgesehen — bisher keine palynologischen Untersuchungen vor. Deshalb bot sich im Zusammenhang mit der geologischen Auswertung der Bohrung «Contern FG 11», die im Sommer 1962 vom Service Géologique von Luxemburg abgeteuft wurde, eine Untersuchung der durchbohrten Schichtenfolge auf ihre Mikroflora an.

Neben der systematischen Erfassung und Beschreibung der auftretenden Formen galt das Interesse der quantitativen Auswertung der aufgefundenen Sporen und Pollen im Hinblick darauf, ob auf diese Weise eine Gliederung des Profils möglich ist und ob sich überhaupt in den betreffenden Schichten mit Hilfe der Mikroflora stratigraphisch arbeiten läßt.

### 1.2. Lage des Bohrpunktes, stratigraphische Stellung des Profils.

Der Standort der Bohrung ist etwa 600 m SSW der Bahnstation Sandweiler-Contern. (Topographische Karte 1:10.000, Luxembourg SE, r 82 538, h 73 359). Der Bohrpunkt liegt — geologisch gesehen — am Ostrande der Luxemburger Jurabucht, und zwar wurde die Bohrung — nach der geologischen Spezialkarte von Luxemburg, Blatt 4, Grevenmacher — im Davoei-Kalk, d.h. in den untersten Schichten des mittleren Lias (1m<sub>1</sub>) angesetzt. Die Bohrung durchteufte den unteren Lias bis zur Obergrenze des Luxemburger Sandsteins und erreichte eine Teufe von 62 m.

Die erbohrte Schichtenfolge ist vorwiegend tonig ausgebildet. Bevorzugt im unteren Teil des Profils sind Kalkbänke eingeschaltet.

Da das Gestein wenig verwitterungsbeständig ist, sind durchgehende Profile in guten Oberflächenaufschlüssen kaum bekannt. Eine Einordnung in das stratigraphische Normalprofil ist daher schwierig.

Den Versuch einer Korrelierung mit dem Normalprofil, der auf den Untersuchungen von A. MULLER beruht, zeigt Abb. 1. Danach handelt es sich bei der sandigen Folge im liegendsten Teil des Profils um den Luxemburger Sandstein, der hier das Hettangien vertritt (weiter im Westen reicht der Luxemburger Sandstein noch bis ins Sinémurien). Das untere Sinémurien folgt mit scharfer Grenze bei Bohrmeter 59,26. Es setzt sich zusammen aus einer Folge toniger bis tonig-sandiger Gesteine, die mit festen Mergel- und Kalkbänken wechsellagern. Gegen das Lotharingien (= oberes Sinémurien) besteht keine scharfe lithologische Grenze. Entsprechend der Mächtigkeit des unteren Sinémuriens in Luxemburg (Lucius: bis 8 m) und dem Zurücktreten der Kalkbänke ist diese Grenze etwa bei Bohrmeter 51 anzunehmen. Das Lotharingien,

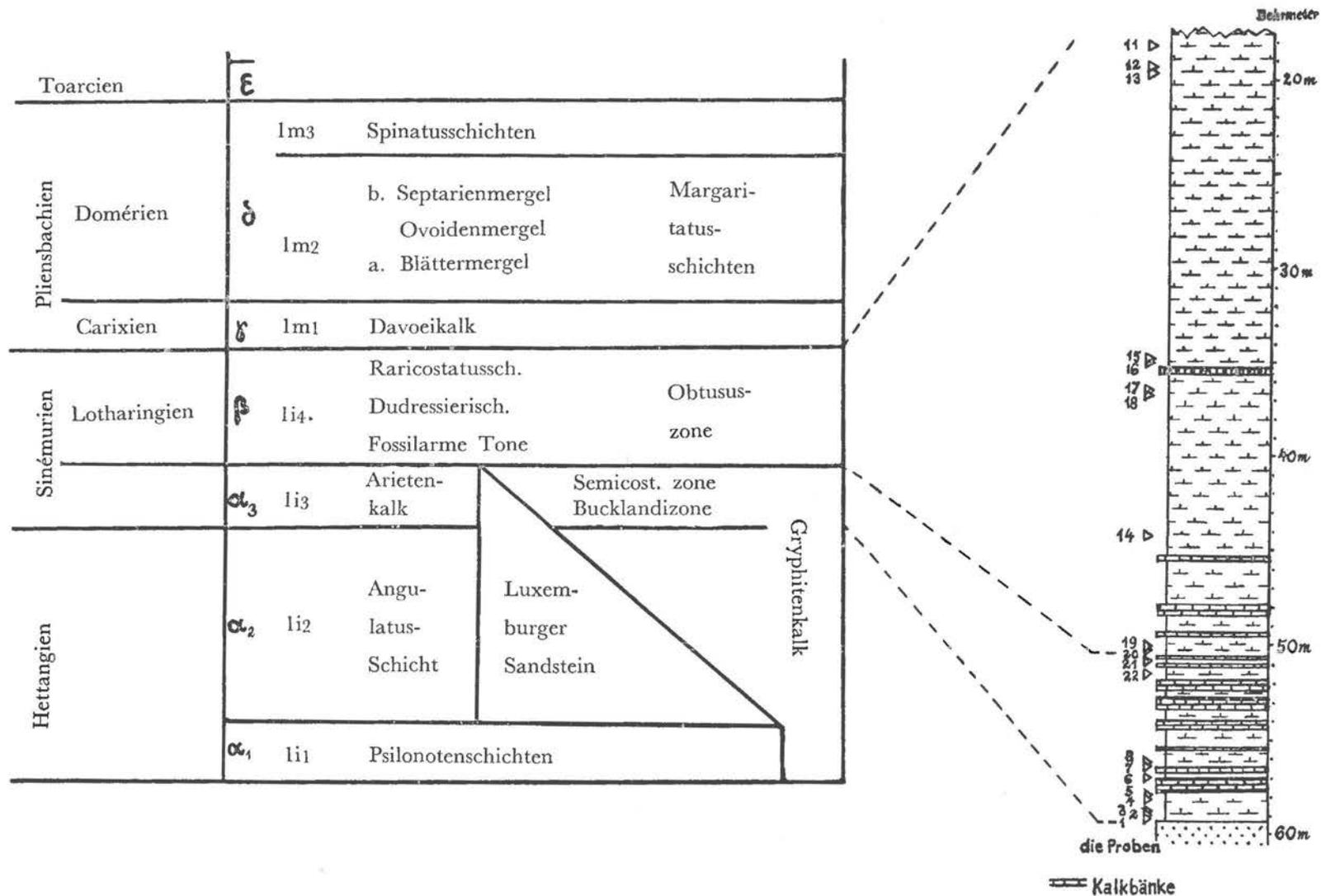


Abb. 1: Stratigraphische Tabelle des unteren und mittleren Lias in Luxemburg (nach LUCIUS) und Versuch einer Korrelation des Kernprofils Contern FG 11 mit der Schichttabelle. — Neben dem Kernprofil sind die Probeentnahmepunkte eingetragen.

das im Bohrkern durch Ammoniten der obtusus-Zone und der planicosta-Subzone belegt werden konnte, ist gekennzeichnet durch sandige Tone mit nur wenigen Kalkbänken.

## 2. Methodik

### 2.1. Probenentnahme.

Die für die Untersuchungen vom Bohrkern entnommenen Proben umfassen einen Bereich von jeweils etwa 5 cm des Bohrkerns. Die Entnahme dieser Proben für die Mazeration erfolgt dabei sowohl nach lithologischen als auch nach stratigraphischen Gesichtspunkten. Nach KLAUS (1955, 1960) ist eine ausreichende Sporenführung mit zudem guter Erhaltung der Mikrofossilien nur in Gesteinen von ganz bestimmter Beschaffenheit zu erwarten. In Betracht kommen nur dunkle Tongesteine mit höchstens geringem Kalk- oder Sandgehalt. Es konnte bestätigt werden, daß stärker karbonatische Gesteine sowie stark sandige, pyritreiche oder eisenhaltige Gesteine nur eine geringe Sporenführung aufweisen.

Die Probenentnahme erstreckte sich über das gesamte Profil unter besonderer Berücksichtigung der erwähnten vermutlichen stratigraphischen Grenzen. Allerdings blieben die obersten 20 Meter unberücksichtigt, da dieses oberflächennahe Gestein schon stark zu zerfallen begann.

Insgesamt wurden 20 Proben entnommen. Ihre Lage im Profil geht aus Abbildung 1 hervor.

### 2.2. Aufbereitung und Mazeration.

Während die Freilegung der Sporen aus der Steinkohle heute keine Schwierigkeiten mehr macht, kann gleiches für die Aufarbeitung von klastischen Sedimentgesteinen noch nicht gesagt werden. Zwar sind zahlreiche Methoden beschrieben worden, doch sind sie sehr unterschiedlicher Art. Da zunächst nicht vorauszusehen war, welche Methode die günstigsten Ergebnisse versprach, galt es, einige Methoden zu prüfen und gegebenenfalls zu variieren, um so eine geeignete Arbeitstechnik für die vorliegenden Proben zu finden.

Mit folgendem Aufbereitungsgang für schwach sandige, kalkarme milde Tongesteine wurden die besten Ergebnisse erzielt:

- A. Zerkleinern des Materials auf 1 mm und mehrmaliges Vierteln bis auf 10 g (Ausgangsmenge etwa 500 g).
- B. Versetzen mit 6 ccm Brom in geschlossener Entwicklungsflasche 50-60 Stunden zum Schutz gegen nachfolgende  $\text{HNO}_3$  - und  $\text{ZnCl}_2$  - Behandlung.
- C. Abfließenlassen der Bromdämpfe, Oxydation der Humusstoffe mit 20 ccm  $\text{HNO}_3$  1 bis höchstens 2 Minuten, Abzentrifugieren.
- D. Trennung von organischer und anorganischer Substanz mit Hilfe einer Schwereflüssigkeit: Aufrühren mit  $\text{ZnCl}_2$  im Magnetrührer 5 Minuten und anschließend 15-30 Minuten Zentrifugieren bei 4800 U/min.
- E. Abstreifen des Schwimmgutes, Zugabe von einigen ccm 10%iger HCl, Verdünnen und Zentrifugieren.
- F. Waschen mit Methanol, Trocknen, Zugabe von Glycerin und Formaldehyd.

Die Gesamtdauer für die Schritte C bis F beträgt etwa zwei Stunden je Probe.

Die Oxydation wirkt nicht selektiv. Proben, die zum Vergleich zusätzlich noch mit dem LUBER-Gemisch (4g NaCl + 28 ccm Konz.  $\text{HNO}_3$ ) behandelt worden waren, zeigten in beiden Fällen, trotz unterschiedlicher Gesamtzahl der erhalten gebliebenen Sporen, eine gleiche prozentuale Häufigkeit beispielsweise von *Densosporites sphaerotriangularis* Kos., einer sehr dickwandigen Spore und *Classopollenites classoides* (PFLUG), deren Exine wesentlich dünner ist.

## 2.3. Die Auszählung.

Es wurden je Probe i.a. etwa 300 Sporen bestimmt. Die Gesamtzahl der ausgewählten Sporen war allerdings meist wesentlich größer, da der schlechte Erhaltungszustand bei einem Teil der Formen eine Bestimmung nicht zuließ.

Häufig begnügt man sich mit der Auszählung von 100 Formen, da sich dann das Umrechnen in Prozent erspart. Das reicht jedoch nicht aus, um den statistischen Fehler der Häufigkeitswerte hinreichend klein zu halten. (siehe FAEGRI & IVERSEN (1950, Tab. S. 100). Die Variationszahl (d.i. der relative Fehler mehrerer Einzelauszählungen) soll nicht mehr als 5% betragen, damit ein Wert noch als zuverlässig angesehen werden kann. Vergleichsweise an verschiedenen Proben durchgeführte Zahlreihen ergaben bei mehrfacher Auszählung einmal von 100, dann von 300 Formen der gleichen Probe, daß die Variationszahl bei einer Auszählung von 100 Stück selbst bei Formen wie *Classopollenites* mit einem Prozentanteil von 70 bzw. 79 noch über 5% liegt. Bei einer Auszählung von 300 Exemplaren können zumindest die Häufigkeitswerte von mehr als  $\pm 10\%$  als zuverlässig gelten.

## 3. Systematischer Teil

### 3.1. Einleitung.

Die systematische Gliederung der *Sporae dispersae* erfolgt in Anlehnung an das morphographische System, das von R. POTONIE aufgestellt wurde.

Bei der Beschreibung der Formen folgt der Verfasser der Terminologie von POTONIE & KREMP (1955, S. 10-15) und COUPER & GREBE (Compte Rendu des C.I.M.P. 1961).

Der Internationale Code der botanischen Nomenklatur (PB 6,S.80) empfiehlt, im Gattungsnamen auf das Organ (d.h. in unserem Falle Sporen oder Pollen) hinzuweisen, etwa durch die Endungen -pollenites, -pollis, -spora, -sporis, -sporites. Aus Gründen der Einheitlichkeit erscheint es allerdings zweckmäßig, nur die Endungen -pollenites und -sporites zu verwenden, wie das beispielsweise bei LEVET-CARETTE (1964) durchgeführt wird. Allerdings hat sich diese Bezeichnungsweise noch nicht allgemein durchgesetzt. In der vorliegenden Arbeit werden deshalb nicht so konsequent alle anders endenden Gattungsnamen umgebildet, sondern es werden lediglich die bei LEVET-CARETTE erscheinenden neugebildeten Namen übernommen, so z.B. *Deltoidisporites* (al. *Deltoidospora*), *Trilitisporites* (al. *Trilitis*) und *Classopollenites* (al. *Classopollis*). Namen wie *Osmundiacidites* oder *Raistrickia* bleiben hier bestehen.

Bei der Bestimmung der aufgefundenen Sporen und Pollen wurde die bis 1964 erschienene Literatur berücksichtigt (russische Arbeiten ausgenommen). Von der 1965 erschienenen Literatur konnten nur wenige Arbeiten berücksichtigt werden.

Nach Möglichkeit wurden die Formen in bereits bestehenden morphographischen Taxa untergebracht und nur, wo es unumgänglich war, neue Gattungen oder Arten aufgestellt. Wenn so die häufig anzutreffende Neigung, fast alle beschriebenen Arten mit neuen Namen zu belegen (z.B. ARTÜZ 1959, SEROTIN 1961) vermieden wurde, so entstanden oft Schwierigkeiten bei der Feststellung der Gattungszugehörigkeit. Beispielsweise genügen alle in dieser Arbeit zu *Camptotriletes* gestellten Formen der Gattungsdiagnose, weichen aber zum Teil erheblich vom Genotypus ab (soweit sich das auf Grund von Abbildungen beurteilen läßt; Originalpräparate konnten im Rahmen dieser Arbeit nicht herangezogen werden), oder aber es bestehen Übergänge zu anderen Gattungen, z.B. zu *Lygodiosporites*.

Um nicht zahlreiche neue Gattungs- und Artnamen aufstellen zu müssen, wurde es entgegen der oft festzustellenden Gewohnheit weiterhin vermieden, mesozoische Vertreter von bereits aus dem Paläozoikum bekannten Formarten mit anderen Namen zu belegen (z.B. *Trilobozonosporites* für *Simonozonotriletes*, *Osmundiacidites* für *Planisporites*). Mag es auch oft zweckmäßig erscheinen, die Formgattungen enger zu fassen, um ihren stratigraphischen Wert zu erhöhen, (SCHOPF 1938, p. 16, POTONIE 1955, p. 24), so kann das natürlich nicht durch unterschiedliche Namentgebung für das gleiche Genus erreicht werden. Sehr häufig in der Literatur genannte Namen wie *Osmundiacidites* für *Planisporites* oder *Deltoidisporites* bzw. *Lygodiumsporites* für *Leiotriletes* wurden allerdings beibehalten.

Von den noch nicht beschriebenen Formen mußten hier solche meist ohne Artbestimmung bleiben, von denen höchstens 2 - 3 Exemplare gefunden wurden. Diese Zahl reicht im allgemeinen nicht aus, um eine auch mögliche Variationen erfassende Diagnose geben zu können und eine Abgrenzung gegen ähnliche Formen zu ermöglichen. Ausnahmen bilden z.B. *Dissectisporites laevigatus* n. gen., n. sp. oder *Mediasulcisporites mesozoicus* n. gen., n. sp.; bei der Aufstellung dieser Gattungen und Arten war es unwesentlich, daß nur zwei Exemplare gefunden wurden, diese Formen unterscheiden sich so deutlich von allen anderen bekannten Gattungen, daß Verwechslungen ausgeschlossen sind.

Bei verschiedenen Bearbeitern von dispersen Sporen werden neben Gattungen und Arten noch zusätzlich Unterarten zur Gliederung verwendet. Aus der betreffenden Literatur geht allerdings nicht hervor, welche Gesichtspunkte für die Aufstellung von Arten oder Unterarten maßgeblich waren, wie überhaupt Gattungen oder Arten bei verschiedenen Autoren ganz unterschiedlich weit gefaßt werden. Wo in dieser Arbeit Unterarten verwendet werden (z.B. bei *Deltoidisporites hallii*, *Concavisporites rugulatus* u.a.) handelt es sich um Bezeichnungen für bereits bekannte Formen. Bei neuen Formen wurde die Verwendung dieses Taxons vermieden.

Den im systematischen Teil gemachten relativen Angaben über die Häufigkeit der einzelnen Arten liegen folgende Prozentsätze zugrunde:

sehr selten	=	weniger als	1%
selten	=		1,0— 2,9%
gelegentlich	=		3,0— 4,9%
regelmäßig	=		5,0— 9,9%
häufig	=		10,0—30,0%
zahlreich	=	mehr als	30,0%

Die hier verwendete Bezeichnungsweise wurde von V. D. BRELIE (1964) übernommen.

Weiter finden sich im systematischen Teil Angaben über die Beziehungen der aufgeführten Sporen und Pollen zum natürlichen System der Pflanzen. Diese Angaben beruhen allerdings in den meisten Fällen auf bloßen Vermutungen. Die genannten Verwandtschaftsbeziehungen gehen auf Hinweise bei POTONIE & KREMP (1956 b) sowie bei den Autoren der betreffenden Gattung oder Art zurück.

### 3.2. Spezieller Teil

Anteturma **Sporites** H. POTONIE 1893

Turma **Triletes** REINSCH 1881

Subturma **Azonotriletes** LUBER 1935

Infraturma **Laevigati** (BENNIE & KIDSTON 1886) R. POT. 1956

**Deltoidisporites** (MINER 1935, R. POTONIE 1956) DANZE-CORSIN & LAVEINE (1963)

Genotypus: *Deltoidisporites* (al. *Deltospora*) *hallii* MINIER 1935, pag. 618, T. 24, F. 7-8

Diagnose: Siehe DANZE-CORSIN & LAV. 1963.

Bemerkung: In dieser Arbeit wird die weitgefaßte Diagnose von DANZE-CORSIN & LAVEINE benutzt, nach der in dieser Gattung die sonst schwer gegeneinander abzugrenzenden Gattungen zusammengefaßt werden wie

*Cyathidites* COUPER 1953

*Alsophilites* COOKSON 1947

*Psilatrilites* VAN DER HAMMEN 1954

*Leiotrilites* (NAUMOVA 1937, POT. & KREMP 1954) KRUTZSCH 1959.

Nur Formen mit kreisförmiger Aequatorkontur werden hier weiterhin als eigene Gattung — *Lygodiumsporites* POT., THOMSON & THIERG. 1950 — behandelt. Vgl. dazu auch R. POTONIE (1960, S. 27).

Innerhalb der Gattung *Deltoidisporites* wird als diagnostisches Merkmal zur Artabgrenzung nur die Größe herangezogen.

*Deltoidisporites hallii* (MINER 1935), DANZE-CORSIN & LAVEINE 1963

T. 1, F. 1-7

H o l o t y p u s : = Genotypus

D i a g n o s e : Größe 20-35  $\mu$ , Holotypus ca. 30  $\mu$ . Kontur dreieckig bis schwach kreisförmig. Die Tetradenmarke erreicht den Aequator i.a. nicht. Innerhalb dieser Art lassen sich mit DANZE-CORSIN neben völlig glatten Formen mehrere Variationen (= Subspezies) unterscheiden, zwischen denen alle Übergänge möglich sind:

*Deltoidisporites hallii auriculus* DANZE-CORSIN 1963

An den Enden der Tecta sind Umschläge der Exine vorhanden, die sich um diese Enden herumlegen, aber nicht in den Interradialbereich hineinziehen (T. 1, F. 3-5).

*Deltoidisporites hallii torus* DANZE-CORSIN & LAV. 1963

Sporen mit schwach angedeuteten Tori T. 1, F. 6.

Formen mit kräftigen Tori werden hier zu *Concavisporites* gestellt.

*Deltoidisporites hallii gulaferus* n. ssp.

Durch Verlängerung eines Tectums der triletten Marke kommt es zur Ausbildung einer Gula (T. 1, F. 2).

*Deltoidisporites hallii obtusangulus* (R. POT. 1934) n. comb. (al. *Sporites neddeni obtusangulus*)

Sporen mit charakteristischen Transversalfalten, die im Randbereich senkrecht zu den Tecta ausgebildet sind (T. 1, F. 7). Bereits (ohne Namensnennung) von LEVET-CARETTE (1964, T. 17, F. 11 u. 12) angeführt. Ähnliche Formen finden sich als *Concavisporites iurensis* bei BALME (1957, S. 20).

H ä u f i g k e i t : Sehr selten bis regelmäßig; in sämtlichen Proben.

S t r a t i g r a p h. V e r b r e i t u n g : Rät-Tertiär.

B o t. V e r w a n d t s c h a f t : *Cyatheaceae*, *Gleicheniaceae*.

*Deltoidisporites neddeni* (POTONIE 1931) DANZE-CORSIN & LAVEINE 1963

T. 1, F. 8-11

H o l o t y p u s : *Deltoidisporites* (al. *Sporonites*) *neddeni* POTONIE (1931, T. 1, F. 5).

D i a g n o s e : Größe 35-55  $\mu$ . Dreieckseiten gerade. Die Tetradenmarke reicht m. o. w. bis an den Aequator. Ähnlich wie bei *Deltoidisporites hallii* lassen sich nach DANZE-CORSIN & LAVEINE (1963) auch bei dieser Art mehrere Unterarten unterscheiden:

*Deltoidisporites neddeni regularis* (PFLUG 1953) DANZE-CORSIN & LAVEINE 1963.

Glatte Form ohne Differenzierungen. Die Tetradenmarke kann aufgeplatzt sein (T. 1, F. 8-9).

*Deltoidisporites neddeni pseudotorus* DANZE-CORSIN & L. 1963

Gekennzeichnet durch schwach ausgebildete Tori (T. 1, F. 11)

*Deltoidisporites neddeni gulaferus* n. ssp.

T. 1, F. 10

Häufigkeit: Sehr selten bis selten; in 16 Proben.

Stratigr. Verbreitung: Rät-Tertiär.

Bot. Verwandtschaft: *Cyatheaceae?*, *Polypodiaceae?*, *Gleicheniaceae*.

**Concavisporites** (PFLUG 1953) DELCOURT & SPRUMONT 1955

Genotypus: *Concavisporites rugulatus* PFLUG in THOMSON & PFLUG (1953, S. 49, T. 1, F. 22).

Diagnose: Äquatorkontur dreieckig, Seiten  $\pm$  konkav. Charakteristisch sind die kräftigen Kyrptome (Tori), die die Y-Strahlen begleiten und ihre Enden umlaufen.

Bemerkung: DELCOURT & SPRUMONT 1955, S. 22 wollen nur solche Formen zu *Concavisporites* stellen, bei denen die Seiten so stark konkav sind, daß die Höhe des außenumschreibenden Dreiecks zu der des innenumschlossenen Dreiecks in einem Verhältnis von mehr als 1,4 : 1 steht. Die Diagnose soll in dieser Arbeit aber nicht so eng gefaßt werden, sondern es werden auch Formen mit gerader oder konvexer Äquatorkontur zu *Concavisporites* gestellt. Abweichend von der durch KRUZSCH (1959) gegebenen Einteilung der toriaten Sporen in *Toroisporis*, *Concavisporites* und *Gleicheniidites* (wobei *Gleicheniidites* allerdings fälschlich hierher gestellt wurde — vgl. DELCOURT & SPRUMONT 1955, S. 26) werden, um die Fülle der Artnamen KRUTZSCHS zu vermeiden, die toriaten Sporen lediglich nach der Größe in zwei Arten unterteilt. Innerhalb der Arten lassen sich dabei mehrere durch Übergänge miteinander verbundene Unterarten unterscheiden.

Ähnliche Formarten sind als *Ahrensisorites* POT. & KR. aus dem Paläozoikum beschrieben worden.

Bot. Verwandtschaft: *Gleicheniaceae?*

*Concavisporites rugulatus* (PFLUG 1953) emend.

T. 1, F. 17-21

Holotypus: = Genotypus.

Diagnose: Größe 15-40  $\mu$ . Holotypus ca. 32  $\mu$ .

Seiten Konkav bis konvex.

Die Art diagnose wird hier weiter gefaßt als bei PFLUG, indem die selbständigen Arten PFLUGS als Unterarten angesehen werden, da sie durch Übergänge miteinander verbunden sind.

*Concavisporites rugulatus rugulatus* PFLUG 1953

Der Torus umrandet die Enden der Tecta bogenförmig (bildet einen Diskus).

T., F. 19-21

*Concavisporites rugulatus discites* PFLUG 1953

Am Ende der Tecta bilden sich Disken, allerdings ist der Torus in den Ecken nur undeutlich.

T. 1, F. 17-18

Häufigkeit: sehr selten bis regelmäßig; in 18 Proben.

Stratigr. Verbreitung: Lias-Tertiär.

*Concavisporites torus* (PFLUG 1953) n. comb.

T. 1, F. 12-16

Lectoholotypus: *Concavisporites torus* (al. *Laevigatisporites neddeni torus*) PFLUG 1953, S. 54, T. 2, F. 14.

Diagnose: Größe 40-55  $\mu$ . Seiten gerade, höchstens schwach konkav.

Von *C. rugulatus* unterschieden durch die Größe.

Es treten ähnliche Variationen (Unterarten) auf wie bei *C. rugulatus*:

*Concavisporites torus arugulatus* PFLUG 1953

Der Torus ist flächig ausgebildet und nur gegen den Äquator scharf abgesetzt.

T. 1, F. 12

*Concavisporites torus rugulatus* PFLUG 1953

T. 1, F. 14-15

Eine Übergangsform zwischen *C. torus arugulatus* und *C. torus rugulatus* zeigt T. 1, F. 13

*Concavisporites torus acutus* PFLUG 1953

Der Torus schließt an den Ecken einen spitzen Winkel ein. T. 1, F. 16

Häufigkeit: Sehr selten bis gelegentlich; in 13 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias - Tertiär

**Paraconcavisporites** KLAUS 1960

Genotypus: *Paraconcavisporites lunzensis* KLAUS 1960, S. 123, T. 28, F. 7-8

Diagnose: Siehe KLAUS (1960)

Bot. Verwandtschaft: *Gleicheniaceae*?

*Paraconcavisporites lunzensis* KLAUS 1960

T. 1, F. 22

Holotypus: = Genotypus

Diagnose: Siehe KLAUS (1960)

Bemerkung: Größe (nach KLAUS) 35-40  $\mu$ ; vorliegendes Exemplar 31  $\mu$ . Nach KLAUS ist die Kontaktarea, d.h. das von den Kyrtoomen umschlossene Feld punktiert, kann aber offenbar, wie das vorliegende Beispiel zeigt, auch ganz glatt sein.

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Karn - Lias

*Paraconcavisporites sp*

T. 1, F. 23

Beschreibung: Größe 40  $\mu$ . Dreieckig mit geraden Seiten und schwach gerundeten Ecken. Die Strahlen der Tetradenmarke sind als kräftige Wülste ausgebildet, die den Äquator fast erreichen. Kyrtoome weniger deutlich als beim Genotypus. Exine völlig glatt.

Vergleich: *P. lunzensis* besitzt kräftigere Kyrptome und die Krümmung der wesentlich feineren Tecta am Apex ist schwächer.  
Häufigkeit: 1 Exemplar  
Stratigr. Verbreitung: Lias.

**Ahrensiporites** POTONIE & KREMP 1954

Genotypus: *Ahrensiporites guericki* (HORST 1943) POT. & KR. 1954, S. 155

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1954)

Bot. Verwandtschaft: Unbekannt

*Ahrensiporites* sp.

T. 1, F. 39

Beschreibung: Größe 37  $\mu$ . Äquatorkontur dreieckig mit geraden Seiten und langen, bis an den Äquator reichenden Y-Strahlen. Die Kyrptome sind nur schwach angedeutet, doch die stark abgeflachten Radialbereiche mit den charakteristischen Exinenausbauchungen rechtfertigen die Zuordnung zu *Ahrensiporites*. Eine Artbestimmung läßt der schlechte Erhaltungszustand nicht zu.

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Matonisporites** (COUPER 1958) emend.

Neogenotypus: *Matonisporites equixinus* COUPER 1958, S. 140, T. 20, F. 13, 14

Diagnose: Dreieckige Miosporen mit bis zum Äquator reichender Tetradenmarke, die von Labra begleitet sein kann. Exine glatt, relativ dick. Am Äquatorrand gibt der Exinenquerschnitt den Eindruck einer schmalen Crassitude.

Vergleich: *Deltoidisporites* (MINER) fehlt die auffallend dicke Exine.

Bemerkung: Formen mit im Radialbereich anschwellenden Crassituden wie die von COUPER zum Genotypus gewählte Formart «*Matonisporites*» *phlebopteroides* gehören zur Gattung *Simonozonotriletes* (NAUMOVA).

Bot. Verwandtschaft: *Matonidium*, *Phlebopteris* (*Maoniaceae*).

*Matonisporites turgidus* (MARSHALL & SMITH 1965) n. comb.

T. 1, F. 28, 29

Holotypus: *Matonisporites* (al. *Leiotriletes*) *turgidus* MARSHALL & SMITH 1965, S. 658, T. 99, F. 1

Diagnose: Größe 60-105  $\mu$ , Holotypus 82  $\mu$ . Äquatorkontur dreieckig mit stark gerundeten Ecken; Seiten konkav bis konvex, Rand glatt. Die trilete Marke reicht bis zum Äquator. Die Tecta werden beiderseits von einem kräftigen Labrum begleitet; die Labra weichen im Äquatorbereich auseinander. Exine 4-7  $\mu$  dick, glatt.

Bemerkung: Figur 29 auf Tafel 1 stimmt genau mit MARSHALL & SMITH; (T. 99, F. 2) überein. Ob allerdings Figur 28 zu *M. turgidus* gehört, ist unsicher. Die Form ist mit 50  $\mu$  sehr klein, ein Auseinanderweichen der Labra im Äquatorbereich ist nicht zu sehen (allerdings auch nicht beim Holotypus). Am Apex scheinen sich die Labra zu verzüngen. Große Ähnlichkeit mit dieser Form besitzt *Matonisporites equixinus* COUPER.

Häufigkeit: Sehr selten; in 3 Proben  
Stratigr. Verbreitung: Westfal, Lias

**Lygodiumsporites** (POTONIE, THOMSON & THIERGART 1950), POTONIE 1956

Genotypus: *Lygodiumsporites* (al. *Punctatisporites*) *adriennis* (R. POT. & GELLETICH 1933, T. 2, F. 14) POT., THOMS. & THIERG. 1950.

Diagnose: Siehe POTONIE (1956)

Bot. Verwandtschaft: *Lygodium* (*Schizeaceae*)?

*Lygodiumsporites adriennis* (R. POT. & GELL. 1933) POT., THOMS. & THIERG. 1950

Holotypus: = Genotypus

Diagnose: Siehe POT., THOMS. & THG. 1950

Häufigkeit: Sehr selten; in 6 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias - Tertiär

*Lygodiumsporites adriennis pseudomaximus* (THOMS. & PFLUG 1963) n. comb.

T. 1, F. 26

Holotypus: *Laevigatisporites pseudomaximus* THOMSON & PFLUG 1953, S. 54, T. 2, F. 20

Diagnose: Größe etwa 100  $\mu$ . Die Y-Strahlen erreichen die halbe Radiuslänge. Sonst wie *L. adriennis*

Bemerkung: Die Unterart erscheint bei THOMSON & PFLUG, S. 54 als *Laevigatisporites pseudomaximus*. Diese Gattung umfaßt aber nur karnonische Megasporen. KRUTZSCH (1959, S. 59) stellt die Form als Unterart zu *Leiotriletes adriennis*, wobei er den bislang nur für paläozoische Formarten gebrauchten Gattungsnamen ohne nähere Begründung wieder aufgreift.

Häufigkeit: 2 Exemplare nur in einer Probe

Stratigr. Verbreitung: Lias, Tertiär

*Lygodiumsporites adriennis minor* n. ssp.

T. 1, F. 24, 25

Holotypus: T. 1, F. 24 nach Präparat 13, 1. Ox.

Diagnose: Größe 24-40, Holotypus 40  $\mu$ . Äquatorkontur  $\pm$  kreisrund. Länge der Tetradenstrahlen entspricht 1/2 bis 3/4 Radiuslänge. Exine völlig glatt.

Vergleich: Von den oben erwähnten Vertretern der Gattung unterschieden durch die geringe Größe

Häufigkeit: Sehr selten bis selten; in 12 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Punctatisporites** (IBRAHIM 1933) POT. & KR. 1955

Genotypus: *Punctatisporites punctatus* IBR. 1932 in POT., IBR. & LOOSE, (S. 448, T. 15, F. 18)

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1955)

Bot. Verwandtschaft: *Pteridospermae*

*Punctatisporites* sp.

T. 1, F. 27

Beschreibung: Größe 67  $\mu$  Kontur kreisförmig. Tetradenmarke von 2/3 Radiuslänge, beiderseits von deutlichen, je 1,7  $\mu$  breiten Labra begleitet. Exine fein punktiert.

Vergleich: Durch die charakteristischen Labra ist die Art deutlich von anderen unterschieden.

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Todisporites** (COUPER 1958) emend.

Genotypus: *Todisporites maior* COUPER 1958, S. 134, T. 16, F. 6

Diagnose: Trilete Miosporen mit  $\pm$  kreisförmiger Äquatorkontur. Y-Marke verhältnismäßig lang (mehr als  $1/2$  r). Dünne, glatte bis fein scabrate Exine.

Die Diagnose wird hiermit dahingehend erweitert, daß als ein weiteres gattungsdiagnostisches Merkmal die Sekundärfalten der Exine anzusehen sind. Auf Grund der gesamten Abbildungen COUPERS kann gesagt werden, daß sie stets vorhanden sind und oft randparallel verlaufen. Damit wird eine klare Unterscheidung von *Lygodiumsporites* POT., THOMS. & THIERG. möglich. Diese Gattung besitzt niemals Sekundärfaltung.

Bot. Verwandtschaft: *Todites* (*Osmundaceae*)

*Todisporites minor* COUPER 1958

T. 1, F. 31

Holotypus: COUPER 1958, S. 135, T. 16, F. 9

Diagnose: Siehe COUPER (1958)

Häufigkeit: Sehr selten bis selten; in 16 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias, Dogger

*Todisporites maior* COUPER 1958

T. 1, F. 30

Holotypus: = Genotypus

Diagnose: Siehe COUPER (1958)

Häufigkeit: Sehr selten; in 3 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias - Dogger

**Calamospora** SCHOPF, WILSON & BENTALL 1944

Genotypus: *Calamospora hartungiana* SCHOPF (1944, S. 51)

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1955)

Bot. Verwandtschaft: *Equisetales*

*Calamospora nathorstii* (HALLE 1908) KLAUS 1960

T. 1, F. 34, 35

Holotypus: *Calamospora* (al. *Equisetites*) *nathorstii* HALLE 1908, S. 27, T. 9, F. 4-9

Diagnose: Siehe KLAUS (1960)

Bemerkung: *Calamospora mesozoica* COUPER 1958 ist wohl identisch mit *C. nathorstii* (siehe Synonymliste bei KLAUS 1960, S. 116).

Häufigkeit: Sehr selten bis selten, in 13 Proben

Stratigr. Verbreitung: Karn bis Dogger

**Retusotriletes** NAUMOVA 1953

Genotypus: *Retusotriletes simplex* NAUMOVA 1953, S. 18, T. 2, F. 9

Diagnose: Siehe KLAUS (1960)

Bot. Verwandtschaft: Unbekannt

*Retusotriletes mesozoicus* KLAUS 1960

T. 1, F. 32

Holotypus: KLAUS 1960, S. 120, T. 28, F. 6; Lunzer Schichten, Karn; Lunz

Diagnose: Siehe KLAUS (1960)

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Karn - Lias

**Dissectisporites** n. gen.

Derivatio nominis: Benannt nach den charakteristischen Dissections

Genotypus: *Dissectisporites laevigatus*, T. 1, F. 33 nach Präparat L 13 I

Diagnose: Azonotrilete Miosporen mit  $\pm$  kreisförmigem Äquatorumriß, glatter bis punktierter Exine und im Äquatorbereich regelmäßig angeordneten Dissections.

Vergleich: Eine Verwechslungsmöglichkeit mit anderen Gattungen ist wegen der charakteristischen Dissections ausgeschlossen.

*Dissectisporites laevigatus* n. sp.

T. 1, F. 33

Derivatio nominis: Hinweis auf die völlig glatte Exine

Holotypus: = Genotypus

Diagnose: Größe etwa 25-32  $\mu$ . Holotypus 28  $\mu$ .

Äquatorkontur kreisförmig mit glattem, etwas verdicktem Rand. Breite Y-Strahlen von etwa halber Radiuslänge. Im Randbereich der Proximalseite befinden sich in der Exine etwa 18 radial ausgerichtete rechteckige Schlitze (Dissections). Sie sind knapp 4  $\mu$  lang und etwas über 1  $\mu$  breit. Die Streifen zwischen den einzelnen Dissections sind etwas breiter als diese selbst. Die Y-Marke reicht nicht ganz bis an die Dissections heran.

Häufigkeit: Sehr selten; in 2 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias

*Laevigate Sporen unsicherer Stellung*

T. 1, F. 36-38

Beschreibung: Größe etwa 30-40  $\mu$ . Umriß kreisförmig bis schwach dreieckig. Exine glatt bis punktiert. Auf der Proximalseite befinden sich einige kräftige Falten, die meist ein  $\pm$  dreieckiges Feld einschließen. Eine trilete Marke ist nicht zu erkennen.

Bemerkung: Möglicherweise handelt es sich um bereits bekannte Formen, bei denen lediglich ein besonderer Erhaltungszustand vorliegt.

Häufigkeit: Sehr selten bis selten; in 5 Proben

Stratigr. Verbreitung: Rät, Lias

Infraturma **Apiculati** (BENNIE & KIDSTONE 1886) POTONIE 1956

**Granulatisporites** (IBRAHIM 1933) POT. & KR. 1954

Genotypus: *Granulatisporites granulatus* IBRAHIM 1933, T. 6, F. 51

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1954)

Bot. Verwandtschaft: *Filices?*, *Pteridospermae*

*Granulatisporites microgranifer* IBRAHIM 1933

T. 1, F. 40, 41

Holotypus: IBR. 1933, S. 22, T. 5, F. 22

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1954)

Häufigkeit: 2 Exemplare

Stratigr. Verbreitung: Westfal, Lias

*Granulatisporites piroformis* LOOSE 1934

T. 1, F. 42-44

Holotypus: LOOSE 1934, S. 147, T. 7, F. 19

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1954)

Häufigkeit: Sehr selten, in 4 Proben

Stratigr. Verbreitung: Vis, Westfal, Stefan, Rotliegendes, Lias

**Cyclogranisporites** POTONIE & KREMP 1954

Genotypus: *Cyclogranisporites* (al. *Granulatisporites*) *leopoldi* (KREMP 1952, S. 348, T. 15b, F. 15, 16) POT. & KR. 1954, S. 126, T. 20, F. 103 (bzw. 11)

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1954)

Bot. Verwandtschaft: Verschiedene Gruppen der *Filicales*

*Cyclogranisporites* sp.

T. 1, F. 45

Beschreibung: Größe 60  $\mu$ . Die Länge der Y-Strahlen entspricht  $3/5$  bis  $2/3$  des Radius der Spore. Exine dicht besetzt mit etwa 1  $\mu$  großem Grana. Der Äquatorrand ist etwas verdickt. Ähnliche Formen sind aus dem Paläozoikum als *Cyclogranisporites aureus* beschrieben worden.

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Osmundiacidites** COUPER 1953

Genotypus: *Osmundiacidites welmani* COUPER 1953, S. 20, T. 1, F. 5

Diagnose: Siehe COUPER 1953

Bemerkung: Aus dem Paläozoikum sind ganz die gleichen Formen als *Planisporites* (KNOX) POT. & KR. beschrieben worden.

Bot. Verwandtschaft: *Osmundaceae*

*Osmundiacidites welmani* COUPER 1953

T. 1, F. 46-49

Holotypus: = Genotypus

Diagnose: Siehe COUPER (1953)

Bemerkung: Die Form deckt sich mit der karbonischen Art *Planisporites spinulistratus* (LOOSE) POT. & KR. 1955

Häufigkeit: Sehr selten bis selten; in 4 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias - Unterkreide

**Apiculatisporis** POTONIE & KREMP 1956

Genotypus: *Apiculatisporis* (al. *Apiculatisporites*) *aculeatus* (IBRAHIM 1933, T. 6, F. 57) POT. & KR. 1956 b. S. 94

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1956)

Bot. Verwandtschaft: *Filicales*?

*Apiculatisporis liassicus* n. sp.

T. 1, F. 50-56

Derivatio nominis: Nach dem Alter der Fundschichten

Holotypus: T. 1, F. 50-51 nach Präparat L 19 a

Diagnose: Größe etwa 35-50  $\mu$ , Holotypus 40  $\mu$ . Y-Marke nur schwach zu erkennen. Exine relativ dicht besetzt mit ziemlich großen Coni, die bis 3  $\mu$  hoch werden. Die Basisbreite der Coni entspricht i.a. 2/3 bis 3/4 der Höhe. Apikal können die Skulpturelemente abgerundet sein und erinnern dann an Bacula. Der Abstand der einzelnen Elemente ist so groß, daß zwischen ihnen jeweils ein weiteres Element gleicher Größe Platz hätte.

Vergleich: Von ähnlichen, besonders aus dem Paläozoikum beschriebenen Arten unterscheidet sich *Ap. liassicus* durch die relativ großen, schlanken, dichtstehenden Coni. Sehr ähnlich ist *Ap.* (al. *Azonotriletes*) *macrurus* LUBER aus dem Westfal des Donjez-Beckens, doch ist diese Form etwa doppelt so groß. Außerdem beschränkt sich die Ähnlichkeit nur auf die Abbildung LUBERS, der zugehörige Text stimmt mit der Abbildung nicht überein. LUBER & WALTZ 1941, S. 47, T. 10, F. 158

Häufigkeit: Sehr selten; in 3 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Conbaculatisporites** KLAUS (1960)

Genotypus: *Conbaculatisporites mesozoicus* KLAUS 1960, S. 125, T. 29, F. 15

Diagnose: Siehe KLAUS (1960)

Bot. Verwandtschaft: *Pteridium* (*Polyodiaceae*)?

*Conbaculatisporites cf. mesozoicus* KLAUS 1960

T. 1, F. 57

Holotypus: = Genotypus

Beschreibung: Größe 33  $\mu$ . Äquatorkontur kreisrund bis schwach dreieckig. Die Y-Strahlen erreichen fast den Äquator. Exine baculat, Skulpturelemente mäßig dicht stehend; zwischen den einzelnen Bacula hätte noch jeweils ein Element gleicher Größe Platz. Bacula apikal abgerundet, basal oft etwas verbreitert; Höhe (bis 2  $\mu$ ) etwa gleich bis anderthalbfach so groß wie die Breite.

Bemerkung: Vielleicht handelt es sich nur um eine vom Holotypus etwas abweichende Variante. Die von KLAUS beschriebenen Formen sind deutlicher dreieckig, die Y-Strahlen kürzer.

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Karn (nur vereinzelt), Nor, Rät, Lias

**Raistrickia** (SCHOPF, WILSON & BENTALL 1944) POT. 1956

Genotypus: *Raistrickia grovensis* SCHOPF in S., W. & B. 1944 S. 55, F. 3

Diagnose: Siehe POTONIE (1956)

Bemerkung: Für mesozoische Formen hat COOKSON (1953) die Gattung *Neoraistrickia* geschaffen, deren Berechtigung aber nicht ausreichend begründet erscheint. Die Bacula sollen etwas schlanker als bei *Raistrickia* sein, außerdem sollen zwischen ihnen Coni auftreten (die aber bei *Raistrickia* auch nur manchmal vorhanden sind).

Bot. Verwandtschaft: *Filicales*, besonders vielleicht *Schizeaaceae*

*Raistrickia sp. A*

T. 2, F. 1

Beschreibung: Größe 50  $\mu$  Umriß kreisrund. Tetradenmarke nicht zu erkennen. Bacula locker stehend, Höhe etwa 10  $\mu$ , Durchmesser 3  $\mu$ , basal nicht verbreitert; auf den Umriß entfallen etwa 14 Skulpturelemente.

Vergleich: Ähnliche Formen wurden aus dem Paläozoikum als *Raistrickia saetosa* (LOOSE) — größer als *R. sp. A*, Bacula z. T. terminal aufgespalten — und *Raistrickia superba* (IBRAHIM) — Bacula kürzer — beschrieben.

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Lias

*Raistrickia sp. B*

T. 2, F. 4

Beschreibung: Größe 35  $\mu$ . Äquatorkontur  $\pm$  kreisförmig, die Tretamarke reicht bis zum Äquator. Exine mit locker stehenden Bacula besetzt; Länge der Bacula 3-8  $\mu$ , Breite bis 3  $\mu$ ; an der Basis stark verbreitert, terminal abgerundet.

Vergleich: Bei *Raistrickia superba* (IBRAHIM) sind die Bacula terminal stets abgeplattet.

Häufigkeit: 2 Exemplare; in 1 Probe

Stratigr. Verbreitung: Lias

*Raistrickia neozealandica* COUPER 1953

T. 2, F. 2, 3

Holotypus: COUPER 1953, S. 26, T. 1, F. 8

Diagnose: Siehe COUPER (1953)

Häufigkeit: 2 Exemplare

Stratigr. Verbreitung: Jura

cf. *Acanthotriletes* (NAUMOVA 1937) POT. & KR. 1955

T. 2, F. 5, 6

Genotypus: *Acanthotriletes ciliatus* (KNOX 1950) POT. & KR. 1955 S. 83, T. 14, F. 257

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1955)

Beschreibung der vorliegenden Exemplare: In den untersuchten Proben treten diese Sporen fast immer in Tetraden auf. Die Skulptur der Exine besteht aus locker stehenden, sehr schlanken Spinae. Sie werden bis 7  $\mu$  lang und erreichen eine Basalbreite von 3  $\mu$ . Der Abstand der einzelnen Elemente ist so groß, daß zwischen zwei Spinae jeweils 2 bis 3 weitere Platz hätten. Die Größe der Tetrade schwankt zwischen 30 und 60  $\mu$ .

Vergleich: Sehr ähnliche Formen bildet REISSINGER (1950, T. 12, F. 31 u. 33) als cf. *Selaginella selaginoides* LINK ab. — Die bisher aus dem Paläozoikum bekannt gewordenen Arten von *Acanthotriletes* haben wesentlich kleinere Spinae.

Häufigkeit: Sehr selten bis selten; in 6 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Pustulatisporites** POTONIE & KREMP 1954

Genotypus: *Pustulatisporites pustulatus* POT. & KR. 1954, S. 134, T. 20, F. 93 (bzw. 1).

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1954)

Bot. Verwandtschaft: Unbekannt

*Pustulatisporites* sp.

T. 2, F. 12

Beschreibung: Größe 54  $\mu$ . Äquatorumriß kreisförmig bis schwach dreieckig. Die Länge der Tetradenmarke entspricht dem halben Radius der Spore. Exine etwa 2  $\mu$  dick; bedeckt mit verstreut stehenden halbkugelförmigen Warzen von wechselnder Größe, Durchmesser maximal 4  $\mu$ . Im Polbereich ist der Abstand der einzelnen Skulpturelemente so groß, daß zwischen ihnen jeweils ein weiteres Element gleicher Größe Platz hätte. Zum Äquator hin nehmen ihre Dichte und Größe ab. Der Äquatorrand ist schwach gewellt.

Vergleich: *Pustulatisporites pustulatus* POT. & KR. ist größer, die Warzen heben sich nur unscharf ab. *P. papillosus* KNOX ist dreieckig mit langen Y-Strahlen.

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Verrucosisporites** (IBRAHIM 1932) POT. & KR. 1954

Genotypus: *Verrucosisporites verrucosus* IBR. (1932) in POT., IBR. & LOOSE, S. 448

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1954)

Bot. Verwandtschaft: *Pteridospermae*?

*Verrucosisporites trisecatus* BALME & HENNELLY 1956

T. 2, F. 13-15

Holotypus: BALME & HENNELLY 1956, S. 250, T. 4, F. 48, 49, T. 5, F. 50

Diagnose: Siehe BALME & HENN. (1956)

Häufigkeit: Sehr selten; in 6 Proben

Stratigr. Verbreitung: Oberes Perm (Australien), Lias

*Verrucosisporites morulae* KLAUS 1960

T. 2, F. 10, 11

Holotypus: KLAUS 1960, S. 130, T. 29, F. 11

Diagnose: Siehe KLAUS (1960)

Häufigkeit: Sehr selten bis selten; in 6 Proben

Stratigr. Verbreitung: Karn, Lias

**Uvaesporites** (DOERING 1965) emend.

Genotypus: *Uvaesporites glomeratus* DOERING 1965 S. 39, T. 9, F. 1-4s

Diagnose: Größe 40-60  $\mu$ . Trilete Miosporen mit einer Äquatorkontur, die zwischen dreieckig mit geraden Seiten bis kreisrund variiert. Y-Marke meist deutlich, als schmale, kräftige Wülste ausgebildet; sie erreicht den Äquator nicht. Exine proximal glatt, distal skulpturiert; die Skulptur besteht aus verhältnismäßig großen Elementen, die eine  $\pm$  kugelige, traubenförmige, bohnenförmige oder unregelmäßig gewundene, auch plattenförmige und ähnlich ausgebildete Gestalt haben. Häufig verwachsen einige dieser Elemente mehr oder weniger miteinander; das ist besonders oft im Äquatorbereich der Fall. Hier ist die Sporenwand zudem meist verdickt, so daß eine Art Cingulum zustande kommt.

Vergleich: *Verrucosisporites* (IBR.) ist stets kreisförmig und auch proximal skulpturiert. *Trilitisporites* (COOKSON) besitzt ebenfalls eine beidseitig skulpturierte Exine und i.a. kleinere, kaum kugelige Skulpturelemente.

Bot. Verwandtschaft: *Selaginella*, vermutlich auch *Lycopodiaceae*

*Uvaesporites glomeratus* DOERING 1965

T. 2, F. 19-22

Holotypus: = Genotypus

Diagnose: Siehe DOERING (1965)

Bemerkung: Ganz ähnliche Formen bilden BALME & HENNELLY (1956, T. 4, F. 45-47) als *Verrucosiporites bullatus* aus dem Perm Australiens ab.

Häufigkeit: Sehr selten; in 4 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias, Malm, Wealden

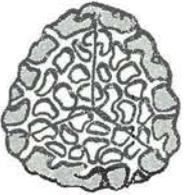
*Uvaesporites lobatoverrucosus* n. sp.

T. 2, F. 23-35

Derivatio nominis: Nach den gelappten Warzen der Distalseite

Holotypus: T. 2, F. 29, 30 nach Präparat L 18d

Diagnose: Größe 40-60  $\mu$ , Holotypus 55  $\mu$ . Äquatorkontur kreisförmig bis schwach dreieckig. Proximalseite glatt mit schmalen, kräftigen, bis nahe an den Äquator reichende Y-Strahlen. Die Skulptur der Distalseite besteht aus flachen, untereinander etwa gleich hohen, bis 10  $\mu$  großen Warzen. Sie haben kreisförmigen, ovalen oder bohnenförmigen bis stark gewundenen Umriß. Die Warzen sind z.T. untereinander verwachsen, aber doch nicht so weitgehend, daß längere Hockerzüge entstehen. Im Äquatorbereich ist die Exine in einem bei Aufsicht



8-10 breiten Streifen verdickt und erscheint dadurch dunkler. Hier sind die Warzen meist stärker verwachsen. Der Rand ist gewellt. — Die Art variiert zwischen Formen mit deutlich abgesetztem verdicktem Rand, der dann an ein Cingulum erinnert (T. 2, F. 23-28) und solchen, bei denen ein dunkler Rand nicht zu sehen ist (T. 2, F. 32-34). Ob die letzteren Formen eventuell als eigene Arten anzusehen sind, läßt sich anhand der wenigen vorliegenden Exemplare nicht entscheiden. — Häufig finden sich zusammenhängende Tetraden (T. 2, F. 35).

Vergleich: *Uv. glomeratus* besitzt kleinere, mehr kreisrunde und nicht so stark miteinander verwachsene Skulpturelemente unterschiedlicher Höhe, wodurch der Rand stärker gewellt erscheint. Ähnlichkeit besteht auch mit *Ischyosporites mesasolidus* n. sp. Diese Art ist aber meist deutlich dreieckig und die Skulpturelemente sind zu einem Rektikulum verwachsen.

Bemerkung: Ähnliche Formen bildet REISSINGER (1950, T. 12, F. 35 - Tetrade -, 36, 38 u. 41) ab und stellt sich ohne nähere Bezeichnung zu den *Lycopodiales*.

Häufigkeit: Sehr selten bis regelmäßig; in 19 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias

### Verrucose Sporen unsicherer Stellung

Formart A

T. 2, F. 7, 8

Beschreibung: Größe 32  $\mu$ . Relativ kleine kreisförmige Spore. Y-Marke sehr fein, ihre Länge entspricht  $2/3$  bis  $3/4$  des Radius. Äquatorrand glatt, etwas verdickt. Proximalseite ohne Skulptur, Distalseite bedeckt mit 2-3  $\mu$  großen, flachen Warzen. Die Warzen variieren nur gering im Durchmesser und haben polygonalen Umriß. Sie stehen sehr dicht und es bildet sich ein feines, regelmäßiges negatives Retikulum. Zum Äquator klingt die Skulptur aus.

Vergleich: Von anderen verrucosen Arten durch die auffallend flachen Warzen und das regelmäßig negative Retikulum unterschieden.

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Lias

*Formart B*

T. 2, F. 9

**Beschreibung:** Größe 44  $\mu$ . Äquatorkontur kreisförmig. Kräftige trilete Marke, die bis fast zum Äquator reicht. In einem Polabstand von  $2/5$  des Radius besitzt die Exine eine deutliche konzentrische Furche. Die Skulptur besteht aus kleinen, dicht sitzenden, flachen, kreis- bis bohnenförmigen Warzen, die bis 2  $\mu$  groß werden, so daß der Rand glatt ist.

**Häufigkeit:** 1 Exemplar

**Stratigr. Verbreitung:** Lias

*Formart C*

T. 2, F. 16, 17

**Beschreibung:** Größe 54  $\mu$ . Kreisförmige Spore mit schwach ausgebildeter, den Äquator erreichender Tetradenmarke. Exine verrucos bis auf einen 3-4  $\mu$  breiten, glatten äquatorialen Streifen. Verrucae ungleichmäßig dicht stehend, von gerundetem bis unregelmäßig ovalem Umriß, Größe 2-6  $\mu$ . Der unskulpturierte Randstreifen ist vielleicht als Crassitude anzusehen.

**Häufigkeit:** 1 Exemplar

**Stratigr. Verbreitung:** Lias

*Formart D*

T. 2, F. 18

**Beschreibung:** Größe 31  $\mu$ . Äquatorkontur dreieckig, Seiten schwach konvex, Ecken zugespitzt. Exine bedeckt mit etwa 20 aufgelockert stehenden, kugelförmigen Warzen von etwa 4  $\mu$  Durchmesser und der gleichen Höhe. Der Rand erscheint dadurch stark gewellt.

**Häufigkeit:** 1 Exemplar

**Stratigr. Verbreitung:** Lias

**Trilitisporites** (ERDTMAN 1947, COOKSON 1947 ex COUPER 1953) DANZE - CORSIN & LAVEINE 1963

**Lectogenotypus:** *Trilitisporites* (al. *Trilites*) *tuberculiformis* COOKSON 1947, S. 136, T. 16, F. 61 (gewählt von COUPER 1953).

**Diagnose:** Siehe DANZE-CORS. & LAV. (1963) und POTONIE (1956)

**Bemerkung:** COUPER (1954) schließt in seiner Diagnose neben Sporen, die dem Genotypus nahestehen, auch solche völlig anderer Exinenskulptur ein. Mit POTONIE (1956, S. 26) werden nur solche Sporen zu *Trilitisporites* gestellt, die dem Genotypus ähnlich sind. — *Trilitisporites* entspricht  $\pm$  der paläozoischen Gattung *Converrucosisporites* POT. & KR. Die von KRUTZSCH (1959 S. 147 ff.) als *Trilites* beschriebenen Formarten gehören zu *Lygodioisporites* POT.

**Bot. Verwandtschaft:** *Dicksoniaceae* (*Cyatheaceae*) z. T.

*Trilitisporites pseudoreticulatus* n. sp.

T. 3, F. 1, 2

**Derivatio nominis:** nach der pseudoretikulaten Exinenskulptur

**Holotypus:** T. 3, F. 2 nach Präparat L 6 Br d

**Diagnose:** Größe 30-55  $\mu$ . Äquatorkontur dreieckig, Seiten  $\pm$  konkav, Ecken leicht zugespitzt. Y-Marke dünn, bis nahe an den Äquator reichend. Exine proximal und distal dicht skulpturiert mit 1,5-2  $\mu$  hohen, schwach konischen Warzen. Mehrere Warzen sind jeweils an der Basis miteinander verwachsen und bilden Höckerzüge. Durch die dicht nebeneinander verlaufenden Warzenreihen entsteht bei nicht zu starker Vergrößerung der Eindruck einer foveaten Struktur.



Vergleich: Im Prinzip ähnliche Skulptur kennzeichnet *Cristatisporites* POT. & KR., doch sind die Skulpturelemente bei dieser Gattung wesentlich größer und variieren in der Größe stärker und nie entsteht der Eindruck eines Retikulums.

Häufigkeit: 2 Exemplare

Stratigr. Verbreitung: Lias

*Trilitisporites microverrucosus* HAGEMANN 1965

T. 2, F. 39

Holotypus: HAGEMANN 1965, Abb. 8, F. 30; Bathonien, Sinai

Diagnose: Siehe HAGEMANN (1965)

Häufigkeit: 2 Exemplare

Stratigr. Verbreitung: Lias, Dogger

*Trilitisporites curvatoverrucosus* n. sp.

T. 2, F. 36-38

Derivatio nominis: nach den unregelmäßig gekrümmten Zierelementen

Holotypus: T. 2, F. 36, 37 nach Präparat L 8 Br c

Diagnose: Größe 50-60  $\mu$ , Holotypus 55  $\mu$ . Äquatorkontur dreieckig mit geraden Seiten. Die Tetradenmarke erreicht den Äquator. Proximalseite undeutlich rugulat, Distalseite dicht besetzt mit bis 8  $\mu$  langen, flachen Warzen. Diese Warzen haben völlig unregelmäßigen, gelappten Umriß und variieren stark in der Größe. Äquatorrand schwach gewellt und etwas verdickt.



Vergleich: Von anderen Arten der Gattung *Trilitisporites* unterscheidet sich diese Art durch die Ausbildung der Warzen. Ein ähnlicher Typ von Warzen findet sich bei *Ischyosporites mesoasolidus* n.sp., jedoch stehen die einzelnen Elemente nicht isoliert, sondern verwachsen untereinander, ähnliche Warzen, die aber wesentlich größer und nicht so flach sind, treten auch bei

*Uvaesporites lobatoverrucosus* n. sp. auf.

Häufigkeit: Sehr selten; in 5 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias

Infraturma **Murornati** POTONIE & KREMP 1954

**Rugulatisporites** PFLUG in THOMSON & PFLUG 1953

Genotypus: *Rugulatisporites quintus* PFLUG in THOMSON & PFLUG 1953, S. 56, T. 2, F. 46

Diagnose: Siehe TH. & PFL. (1953)

Bot. Verwandtschaft: *Osmunda*

*Rugulatisporites tenuis* n. sp.

T. 3, F. 3, 4

Derivatio nominis: Hinweis auf die feine Skulptur der Exine

Holotypus: T. 3, F. 3 nach Präparat 11 c

Diagnose: Größe 30-40  $\mu$ , Holotypus 34  $\mu$ . Äquatorkontur dreieckig bis schwach kreisförmig. Y-Strahlen reichen bis in Äquatornähe. Gulabildung nicht selten. Die Skulptur der

Exine besteht aus dicht sitzenden, gewundenen, bis 5  $\mu$  langen Rugulae, die sich nur unscharf von der Exine abheben.

Vergleich: *Rugulatisporites quintus* PFLUG ist kreisförmig und wesentlich größer

Häufigkeit: Sehr selten; in 14 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias

*Rugulatisporites clarus* n. sp.

T. 3, F. 5, 6

Derivatio nominis: Hinweis auf die kräftige Skulptur

Holotypus: T. 3, F. 5 nach Präparat 12 c

Diagnose: Größe 25-35  $\mu$ , Holotypus 30  $\mu$ . Äquatorkontur dreieckig bis  $\pm$  kreisförmig. Y-Strahlen lang, bis in Äquatornähe reichend. Gelegentlich kommt es zur Gulabildung. Exine besetzt mit dichtstehenden Rugula, die sich scharf abheben und bis 3  $\mu$  lang werden.

Vergleich: *R. tenuis* n. sp. besitzt eine weniger ausgeprägte Skulptur und ist i. a. etwas größer.

Häufigkeit: Sehr selten; in 10 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias

*Rugulatisporites quintus* PFLUG in THOMSON & PFLUG 1953

Abb.: TH. & PFL. 1953, T. 2, F. 46

Holotypus: = Genotypus

Diagnose: Siehe TH. & PFL. (1953)

Häufigkeit: Sehr selten bis selten; in 11 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias, Miozän, Pliozän

**Tigrisporites** KLAUS 1960

Genotypus: *Tigrisporites halleinsis* KLAUS 1960, S. 140, T. 31, F. 28, 30

Diagnose: Siehe KLAUS (1960)

Bemerkung: KLAUS mißt den Radialrugae gattungsdiagnostischen Wert bei. Um sonst ganz ähnliche Formen ohne Radialrugae zu dieser Gattung stellen zu können, sollte aber die Gattungsdiagnose hinsichtlich der Anordnung der Rugae erweitert werden.

*Tigrisporites halleinsis* KLAUS 1960

T. 3, F. 7

Holotypus: = Genotypus

Diagnose: Siehe KLAUS (1960)

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Karn, Lias

*Tigrisporites* sp.

T. 3, F. 8

Beschreibung: Größe 37  $\mu$ . Äquatorkontur dreieckig, Seiten gerade, Ecken abgeflacht. Kräftige, bis zum Äquator reichende Y-Marke. Proximalseite glatt; die Distalseite besitzt einen glatten, dunkleren kreisförmigen Polbereich dessen Radius 1/3 des Gesamtradius der Spore beträgt. Der periphere Teil der Distalhemisphäre ist mit Rugae besetzt, die wie bei *Campotriletes* NAUMOVA unregelmäßig verlaufen, aber nicht so lang sind wie bei dieser Gattung. Die Rugae besitzen einzelne, zu Coni bis Spinae ausgezogene Gipfel. Die Äquatorkontur ist dadurch gewellt, gekerbt oder gezackt.

Vergleich: Von *T. halleinsis* unterschieden durch die Ausbildung und Anordnung der Rugae.

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Convolutispora** HOFFMEISTER, STAPLIN & MALLROY 1955

Genotypus: *Convolutispora florida* H. S. & M. 1955, S. 384, T. 38, T. 5, 6

Diagnose: Siehe POTONIE (1956)

Vergleich: Gewisse Übergänge zu *Ischyosporites* BALME scheinen dem Verfasser denkbar, beispielsweise könnten manche Varianten von *Ischyosporites mesoasolidus* n. sp. hierher gestellt werden. Bei *Lygodioisporites* POT. kommt es nicht zur Ausbildung eines Reticulum imperfectum.

Bot. Verwandtschaft: mindestens z. T. *Schizaeceae*.

*Convolutispora tumulosa* MARSHALL & SMITH 1965

T. 3, F. 9-13

Holotypus: MARSHALL & SMITH 1965, S. 659, T. 99, F. 6.

Diagnose: Siehe MARSCHALL & SMITH (1965)

Häufigkeit: Sehr selten bis selten; in 4 Proben

Stratigr. Verbreitung: Westfal, Lias

*Convolutispora* sp.

T. 3, F. 14

Beschreibung: Größe 45  $\mu$ . Umriß dreieckig-gerundet. Rand glatt, etwas verdickt. Y-Strahlen bis fast an den Äquator reichend. Die Skulptur der Exine besteht aus unscharf begrenzten, flachen, 2  $\mu$  breiten, gewundenen Muri, die mehr als 10  $\mu$  lang werden. Verzweigungen sind selten.

Bemerkung: Die Ähnlichkeit mit dem Genotypus ist nur gering und die Gattungszugehörigkeit ist nicht eindeutig. Ähnliche Formen treten auch bei *Camptotriletes* NAUMOVA (Höckerzüge meist verzweigt), *Lygodioisporites* POT. (Höckerzüge meist kürzer und verzweigt) und *Hamulatisporites* KRUTZSCH (abgeknickte Muri) auf.

Häufigkeit: Sehr selten; in 3 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Hamulatisporites** KRUTZSCH 1959

Genotypus: *Hamulatisporites hamulatis* KRUTZSCH 1959, S. 157, T. 29, F. 326-328

Diagnose: Siehe KRUTZSCH (1959)

Bot. Verwandtschaft: *Lycopodiaceae*?

*Hamulatisporites kuepperi* (KLAUS 1960) n. comb.

T. 3, F. 23, 24

Holotypus: *Hamulatisporites* (al. *Lycopodiacites*) *kuepperi* KLAUS 1960, S. 135, T. 31, F. 27

Diagnose: Größe 50-70  $\mu$ . Äquatorkontur kreisförmig bis schwach dreieckig. Die Y-Strahlen reichen bis nahe an den Äquator und sind (nach KLAUS) vom Apex bis zum halben Radius als dicke Wülste ausgebildet (das trifft auf die vorliegenden Exemplare aber nur zum Teil zu). Proximalseite glatt bis punktiert; Distalseite mit kräftigen Rugae bedeckt. Diese bis 20  $\mu$  langen Rugae sind hakenförmig geknickt und rufen am Äquator eine deutliche Wellung hervor.

Bemerkung: Von KLAUS wurde die Art zu *Lycopodiacites* gestellt, doch erscheint das nicht berechtigt, da kaum Ähnlichkeit mit dem Genotypus dieser Gattung besteht.

Häufigkeit: Sehr selten; in 6 Proben

Stratigr. Verbreitung: Karn, Rät, Lias

*Hamulatisporites cf. kuepperi* (KLAUS 1960) n. comb.

T. 3, F. 25

Beschreibung: Größe 65  $\mu$ . Diese Formart stimmt weitgehend mit dem Holotypus überein. Die Rugae heben sich jedoch nur unscharf ab, so daß der Äquatorrand nur ganz schwach gewellt ist.

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Lias

*Hamulatisporites grandis* n. sp.

T. 3, F. 18-22

Derivatio nominis: Nach der besonderen Größe dieser Formart

Holotypus: T. 3, F. 20 nach Präparat L 15 c.

Diagnose: Größe 70-90  $\mu$ , Holotypus 73  $\mu$ . Äquatorkontur kreisförmig bis schwach dreieckig. Die Länge der Y-Strahlen entspricht  $2/3$  bis  $3/4$  der Radiuslänge, die Tecta sind als kräftige, bis 7  $\mu$  breite Wülste ausgebildet. Scharf begrenzte Kontaktarea ohne Skulptur. Der periphere Teil der Proximalhemisphäre und die Distalseite sind mit kleinen, kräftigen, gewundenen, oft hakenförmig geknickten Rugae besetzt; sie erreichen im Höchstfall 10  $\mu$  Länge. Der Äquatorrand ist eng gewellt.

Vergleich: Die anderen Arten der Gattung sind kleiner und haben eine schärfere Skulptur. *Rugulatisporites* PFLUG zeigt Übergänge zu *H. grandis*, doch fehlen hier immer die hakenförmigen Zierelemente.

Häufigkeit: Sehr selten, in 3 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias

*Hamulatisporites semimuris* n. sp.

T. 3, F. 15-17

Derivatio nominis: In Anlehnung an die ähnliche Formart *Hamulatisporites semimuris* DANZE-CORSIN & LAVEINE.

Holotypus: T. 3, F. 17 nach Präparat L 16 b.

Diagnose: Größe 30-40  $\mu$ , Holotypus 35  $\mu$ . Äquatorkontur dreieckig mit geraden bis schwach konvexen Seiten und stark gerundeten Ecken. Y-Marke dünn, bis in die Nähe des Äquators reichend. Durch die Verlängerung eines Tectums kann es zur Gulabildung kommen (T. 3, F. 16). Rand gewellt. Proximalseite glatt. Distalseite in ähnlicher Weise wie bei *H. kuepperi* durch langgestreckte, kräftige oft hakenförmig abgeknickte Rugae verziert. Die bis 10  $\mu$  langen Rugae verlaufen angeordneter als bei *H. kuepperi* und die Skulptur erinnert teilweise an ein aufgelöstes Rektikulum.



Vergleich: Von den andern hier beschriebenen Arten der Gattung *Hamulatisporites* unterscheidet sich *H. semimuris* durch die dreieckige Kontur und die geringe Größe. *H. hamulatis* KRUTZSCH aus dem Eozän ist ebenfalls nur klein, aber kreisförmig.

Ähnlich ist *Lycopodiumsporites* (?) *semimuris* DANZE-CORSIN & LAVEINE, doch sind hier die Rugae geschlängelt und ragen ihrer Höhe wegen zinkenartig über den Äquatorrand hinaus.

Häufigkeit: Sehr selten bis selten; in 12 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Lygodioisporites** POTONIE 1951

Lectogenotypus: *Lygodioisporites* (al. *Sporites*) *solidus* (R. POTONIE 1934, 4, S. 42, T. 1, F. 35) R. POT. 1951, S. 144. (Gewählt von R. POTONIE 1951).

Diagnose: Siehe POTONIE (1956)

Bemerkung: Zu *Lygodioisporites* sind die von KRUTZSCH (1959, S. 147 ff.) als *Trilites* beschriebenen Formarten zu stellen.

Bot. Verwandtschaft: Mindestens ein Teil der Arten gehört zu *Lycopodium*

*Lygidioisporites liassicus* n. sp.

T. 3, F. 31, 32

Derivatio nominis: Nach dem Alter der Fundschichten

Holotypus: T. 3, F. 32 nach Präparat L 7 b.

Diagnose: Größe 25-50  $\mu$ , Holotypus 30  $\mu$  Äquatorumriß dreieckig, Dreieckseiten gerade bis konvex, Ecken nur schwach gerundet. Die Y-Marke reicht bis in Äquatornähe und ist als kräftiger, wulstartiger Wall ausgebildet. Die Skulptur besteht aus groben, langgestreckten Warzen unterschiedlicher Höhe, die zum Äquator hin zunehmend zu längeren Warzenzügen verwachsen sind. Diese Kämme verlaufen regellos.

Vergleich: Vom Holotypus ist die Art durch die kräftige Tetradenmarke unterschieden. Inwieweit Unterschiede in der Skulptur bestehen, läßt sich allein auf Grund der Abbildungen ohne Einsicht in die Originalpräparate nicht sagen.

Häufigkeit: Sehr selten bis gelegentlich; in 8 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias

*Lygodioisporites* ? sp.

T. 3, F. 26-28

Beschreibung: Größe 52  $\mu$ , Äquatorkontur kreisförmig bis schwach dreieckig. Y-Marke sehr schmal, aber deutlich, ihre Länge entspricht etwa 2/3 des Radius der Spore. Proximalseite glatt; Distalseite locker besetzt mit bis 2  $\mu$  hohen Warzen, die meist als abgestumpfte Coni in Erscheinung treten. Gelegentlich besitzt ein solches Skulpturelement 2 Gipfel oder ist zu feinen Dornen ausgezogen. Die Warzen sitzen nicht isoliert, sondern mehrere sind untereinander an der Basis durch niedrige schmale Kämme verbunden.

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Lias

*Lygodioisporites* ? *tuberosus* n. sp.

T. 3, F. 29, 30

Derivatio nominis: tuberosus = höckerig

Holotypus: T. 3, F. 30 nach Präparat L6<sub>Br</sub> c.

Diagnose: Größe 55-65  $\mu$ , Holotypus 60  $\mu$ . Äquatorkontur dreieckig, Seiten konvex, Ecken stark gerundet. Äquatorrand etwas verdickt, glatt bis leicht gewellt. Die trilete Marke

ist als Furche ausgebildet und erreicht fast den Äquator. Exine proximal und distal schwach skulptiert: Fläche, unscharf begrenzte Wälle mit ungeordnetem, bevorzugt jedoch äquatorparallelem Verlauf, die teilweise mit etwas höher aufragenden, abgeflachten Gipfeln besetzt sind. Diese Wälle (Muri) sind z.T. so schwach ausgeprägt, daß sie nur bei seitlicher Beleuchtung sichtbar werden. Sie erreichen eine Länge von 20  $\mu$ .

Vergleich: Von anderen Arten der Gattung unterschieden durch die besonders verschwommene Skulptur.

Bemerkung: Die nur geringe Gemeinsamkeit mit dem Genotypus läßt die Zuordnung zu *Lygodioisporites* fraglich erscheinen. Gewisse Ähnlichkeit besteht mit den paläozoischen Formarten der Gattung *Camptotriletes* NAUMOVA (siehe Bemerkung dort).

Häufigkeit: Sehr selten; in 2 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Corrugatisporites** (THOMSON & PFLUG 1953) WEYLAND & GREIFELD 1953

Lectogenotypus: *Corrugatisporites toratus* WEYLAND & GREIFELD 1953, 95, S. 42, T. 11, F. 47 (gewählt von POTONIE & KREMP 1955, S. 96).

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1955)

Bot. Verwandtschaft: Unbekannt

*Corrugatisporites* sp.

T. 3, F. 33

Beschreibung: Größe 35  $\mu$ , Äquatorumriß dreieckig, Seiten stark konkav. Rand gewellt. Tetradenmarke undeutlich, ihre Länge entspricht etwa 3/4 des Radius der Spore, sie wird von kräftigen Wülsten begleitet. Die Skulptur der Exine besteht aus 2 bis 3 konzentrisch verlaufenden Höckerzügen, die teilweise in einzelne langgestreckte Warzen aufgelöst sind.

Vergleich: *Corrugatisporites toratus* WEYL & GREIF. ist größer, die Höckerzüge sind weniger aufgelöst; sonst von ganz ähnlichem Habitus.

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Cristatisporites** POTONIE & KREMP 1954

Genotypus: *Cristatisporites indignabundus* (LOOSE in POT., IBR. & LOOSE 1932, S. 451, T. 19, F. 51) POT. & KREMP 1955, T. 16, F. 294

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1954)

Bot. Verwandtschaft: Unbekannt

*Cristatisporites* cf. *splendidus* ARTÜZ 1957

T. 3, F. 34

Holotypus: ARTÜZ 1957, S. 247, T. 4, F. 22

Beschreibung: Größe 60  $\mu$ . Äquatorumkontur  $\pm$  kreisförmig. Die Skulpturen bilden 2 bis 3 Reihen konzentrisch verlaufender Kämme aus miteinander verwachsenen, 6-8  $\mu$  großen, oft abgestumpften Coni. Auf den Äquatorumfang entfallen weniger als 20 solcher Coni. Die über den Äquatorrand hinausragenden Zierelemente sind durch einen häutigen Saum verbunden. Dadurch ist der Rand — im Gegensatz zu andern Arten der Gattung — nur schwach gewellt bis gezackt.

Bemerkung: Die von ARTÜZ abgebildete Spore (allerdings nur 1 Abbildung) besitzt eine größere Zahl von Coni auf dem Kreisumfang.

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Westfal, Lias

### **Camptotriletes** NAUMOVA 1937

Genotypus: *Camptotriletes* (al. *Reticulatisporites*) *corrugatus* IBRAHIM 1933, S. 35, T. 5, F. 41

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1955)

Bemerkung: Die in dieser Arbeit zu *Camptotriletes* gestellten Formarten fügen sich gut in die Gattungsdiagnose. Es besteht aber nur geringe Ähnlichkeit mit den paläozoischen Arten dieser Gattung; vielmehr stehen diese Arten im Habitus näher den hier als *Lygodioisporites ? tuberosus* n. sp. beschriebenen Sporen. Eine Überprüfung des Genotypus von *Camptotriletes* erscheint zweckmäßig: Beschreibung und Abbildung bei IBRAHIM lassen sich nur schwer vereinbaren. Ohnehin scheinen die IBRAHIM'schen Zeichnungen nicht von großem Wert zu sein (vergl. KRUTZSCH 1959, S. 51).

Bot. Verwandtschaft: *Filicales*

#### *Camptotriletes triangularis* n. sp.

T. 3, F. 35-38

Derivatio nominis: Nach der dreieckigen Äquatorkontur

Holotypus: T. 3, F. 35 nach Präparat L 1 b.

Diagnose: Größe 25-35  $\mu$ , Holotypus 32  $\mu$  Äquatorkontur dreieckig mit kurzen geraden oder höchstens schwach konvexen Seiten und stark abgerundeten Ecken. Y-Strahlen von etwa  $4/5$  Radiuslänge. Proximalseite  $\pm$  glatt; die Distalseite besitzt locker stehende Muri, die sich häufig verzweigen und zu einem unvollständigen Rektikulum zusammentreten. Die Muri sind schmal und haben stark gekrümmten Verlauf; sie heben sich scharf von der Exine ab.



Vergleich: Von den aus dem Paläozoikum beschriebenen Arten unterschieden durch die deutliche Dreiecksform und die markanten Muri.

Häufigkeit: Sehr selten bis selten; in 10 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias

#### *Camptotriletes circularis* n. sp.

T. 3, F. 39, 40

Derivatio nominis: Nach der kreisförmigen Äquatorkontur

Holotypus: T. 3, F. 39 nach Präparat L 4 a.

Diagnose: 25-40  $\mu$  Holotypus 30  $\mu$ . Äquatorkontur kreisförmig bis schwach dreieckig. Die Tetradenmarke ist meist nur schlecht zu erkennen, ihre Länge ist geringer als der halbe Radius der Spore. Rand gewellt, einzelne zinkenartige Vorsprünge. Proximalseite glatt. Die Skulptur der Distalseite ist ganz so ausgebildet wie bei *Camptotriletes triangularis* n. sp.

Vergleich: *Camptotriletes triangularis* ist dreieckig, die trilete Marke ist kürzer.

Häufigkeit: Sehr selten bis gelegentlich; in 8 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Lycopodiumsporites** THIERGART 1938

Lectogenotypus: *Lycopodiumsporites* (al. *Sporites*) *agathoecus* (R. POTONIE 1934, S. 43, T. 1, F. 25) THIERGART 1938, S. 293 (gewählt von DELCOURT & SPRUMONT 1955, S. 31).

Diagnose: Siehe POTONIE (1956)

Bot. Verwandtschaft: *Lycopodium*

*Lycopodiumsporites austroclavatidites* (COOKSON 1953) n. comb. T. 3, F. 41-43

1953 *Lycopodium austroclavatidites* COOKSON S. 469

1958 *Lycopodiumsporites clavatoides* COUPER S. 132

Holotypus: COOKSON (1953, S. 469, T. 2, F. 35.)

Diagnose: Siehe COOKSON (1953)

Bemerkung: Die auf Tafel 3, Figur 42 abgebildete Spore weicht durch die größere Maschenweite etwas von den andern Formen ab. COUPER (1958, T. 15, F. 11) stellt auch solche Formen zu *L. clavatoides*

Häufigkeit: Sehr selten; in 5 Proben

Stratigr. Verbreitung: Jura und Unterkreide

**Dictyotriletes** (NAUMOVA 1937) POT. & KREMP 1954

Genotypus: *Dictyotriletes bireticulatus* (IBRAHIM 1932 in POT., IBR. & LOOSE, T. 14, F. 1) POT. & KR. 1955; T. 16, F. 296.

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1954)

Bot. Verwandtschaft: Unbekannt

*Dictyotriletes bireticulatus* (IBRAHIM) POT. & KR. 1955

T. 3, F. 44, 45

Holotypus: = Genotypus, Westfal, Ruhrgebiet

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1955)

Häufigkeit: Sehr selten; in 5 Proben

Stratigr. Verbreitung: Westfal, Lias

*Dictyotriletes crassimuris* n. sp.

T. 4, F. 1-4

Derivatio nominis: Nach den kräftigen Muri

Holotypus: T. 4, F. 2 nach Präparat L 18 b.

Diagnose: Größe 35-45  $\mu$ . Holotypus 40  $\mu$ . Äquatorkontur dreieckig, Seiten konvex, Ecken stark abgerundet. Rand glatt, höchstens schwach gewellt. Y-Marke kräftig ausgebildet, erreicht den Äquator. Proximalseite glatt, Distalseite skulpturiert; die Skulptur besteht aus kräftigen, scharf begrenzten, etwa 2  $\mu$  breiten Muri, die sich zu einem Retikulum zusammenschließen. Nur an wenigen Stellen sind die Muri unterbrochen. Die Lumina sind unregelmäßige Polygone mit einem durchschnittlichen Durchmesser von 4  $\mu$ .



Vergleich: Von den anderen Arten der Gattung *Dictyotriletes* unterschieden durch die relativ breiten Muri. *D. falsus* POT. & KR. hat zwar auch breite Muri, doch sind diese nur unscharf begrenzt und der Rand besitzt deutlich Ausbauchungen.

Häufigkeit: Sehr selten; in 7 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Ischyosporites** BALME 1957

1957 *Ischyosporites* BALME, (S. 23)

1958 *Klukisporites* COUPER, (S. 137)

Genotypus: *Ischyosporites crateris* BALME 1957, S. 23, T. 3, F. 45.

Diagnose: Siehe BALME (1957)

Bot. Verwandtschaft: *Schizaeaceae*?, vielleicht auch *Dicksoniaceae* (*Cyatheaceae*)

*Ischyosporites mesoasolidus* n. sp.

T. 4, F. 5-10

Derivatio nominis: Nach der Ähnlichkeit dieser mesozoischen Formart mit der tertiären *Trilites asolidus* KRUTZSCH

Lectoholotypus: «*Ischyosporites punctatus*» LEVET-CARETTE (1964, S. 111, T. 18, F. 16, 17.)

Diagnose: Größe 30-60  $\mu$ . Äquatorkontur dreieckig, Seiten gerade bis konkav. Proximalseite glatt mit kräftiger Y-Marke von  $3/4$  Radiuslänge. Die Skulptur der Distalseite besteht aus groben, flachen Warzen, die sehr stark miteinander verwachsen sind, so daß ein unvollkommenes, unregelmäßiges Retikulum entsteht. Die Lumina sind meist oval oder gewunden. Im Äquatorbereich bildet sich durch besonders starke Verwachsung der Skulpturelemente ein verdickter Rand aus.



Vergleich: Ähnliche Skulptur, doch nicht eigentlich ein Retikulum, besitzt *Uvaesporites lobatoverrucosus* n. sp. und *Trilites asolidus* KRUTZSCH.

Bemerkung: Die hier als Holotypus gewählten Formen, die den vorliegenden Sporen völlig gleichen, wurden von LEVET-CARETTE als *Ischyosporites punctatus* COOKSON beschrieben. Die Abbildungen COOKSON's zeigen aber, daß diese Zuordnung falsch ist, es sich vielmehr um eine ganz andere Art handelt.

Häufigkeit: Sehr selten; 4 Exemplare in 3 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Foveasporis** KRUTZSCH (1959)

Genotypus: *Foveasporis fovearis* KRUTZSCH 1959, S. 162, F. 332/333

Diagnose: Siehe KRUTZSCH (1959)

Bot. Verwandtschaft: Unbekannt

cf. *Foveasporis* sp.

T. 4, F. 11

Beschreibung: Größe etwa 80  $\mu$ . Umriß kreisförmig. Die Skulptur der Exine besteht aus kreisrunden bis polygonalen Lumina von ziemlich gleicher Größe ( $\varnothing$  maximal 3  $\mu$ ) und etwa ebenso breiten Muri. Die Muri verlaufen gerade oder schwach gebogen und durchkreuzen sich  $\pm$  rechtwinkelig. Die Lumina erscheinen dadurch in Reihen angeordnet, insofern weicht diese Art von der Gattungsdiagnose ab. Die Skulptur erscheint am Äquator als schwache Wellung.

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Distalanulisporites** KLAUS 1960

Genotypus: *Distalanulisporites punctus* KLAUS 1960, S. 133, T. 28, F. 8

Diagnose: Siehe KLAUS (1960)

Bot. Verwandtschaft: Unbekannt

*Distalanulisporites punctus* KLAUS 1960

T. 4, F. 12

Holotypus: = Genotypus

Diagnose: Siehe KLAUS (1960)

Häufigkeit: 2 Exemplare

Stratigr. Verbreitung: Karn, Lias

Turma **Zonales** (BENNIE & KIDSON 1886) R. POTONIE 1956

Subturma **Auritotriletes** POTONIE & KREMP 1954

Infraturma **Auriculati** (SCHOPF) POTONIE & KREMP 1954

**Triquitrites** (WILSON & COE 1940) POT. & KREMP 1956

Genotypus: *Triquitrites arcuatus* WILSON & COE 1940, S. 185, T. 1, F. 8.

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1956)

Bot. Verwandtschaft: *Filicales*

*Triquitrites arcuatus* (WILSON & COE 1940) POT. & KR. 1956

T. 4, F. 15

Holotypus: = Genotypus

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1956)

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Westfal, Lias

*Triquitrites tribullatus* (IBRAHIM 1932) POT. & KR. 1956

T. 4, F. 13

Holotypus: *Triquitrites* (al. *Sporonites*) *tribullatus* IBRAHIM in POT., IBR. & LOOSE, 1932, S. 448, T. 15, F. 13

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1956)

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Westfal, Lias

*Triquitrites cf. triturgidus* (LOOSE 1932) POT. & KR. 1956

T. 4, F. 14

Holotypus: *Triquitrites* (al. *Sporonites*) *triturgidus* LOOSE in POT. IBR. & L. 1932, S. 449, T. 18, F. 32

Beschreibung: Größe 50-60  $\mu$ . Äquatorkontur dreieckig, Seiten schwach konkav. Die Y-Strahlen erreichen die Crassituden. Diese besitzen sichelförmige Gestalt und werden 8  $\mu$  breit. Sie heben sich deutlich aus dem Äquatorumriß heraus. Exine glatt.

Bemerkung: Die vorliegenden Exemplare haben große Ähnlichkeit mit der bei POTONIE (1956, T. 17, F. 325) abgebildeten Form. Die von HORST (1955, T. 21, F. 31) abgebildeten Sporen gehören wahrscheinlich einer anderen Art an.

Häufigkeit: 2 Exemplare

Stratigr. Verbreitung: Namur, Westfal, Lias

**Tripartites** (SCHEMEL 1950) POTONIE & KREMP 1954

Genotypus: *Tripartites vertustus* SCHEMEL (1950, T. 40, F. 11)

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1954)

Bot. Verwandtschaft: Unbekannt

*Tripartites cf. trilinguis* (HORST 1943) POT. & KR. 1955

T. 4, F. 16

Holotypus: HORST 1943 (bzw. 1955), T. 23, F. 55, 56

Beschreibung: Größe 33  $\mu$ . Zentralkörper dreieckig mit konkaven Seiten und stark abgeflachten Ecken. Die Länge der Y-Strahlen entspricht etwa  $3/4$  des Radius der Spore. Radiale Crassitude 6-8  $\mu$  breit, radial gefaltet und randlich gewellt. Im Interradialbereich sind die Crassituden auf einen schmalen Flansch reduziert. — Die vorliegende Form ist kleiner als die von HORST als *T. trilinguis* beschriebenen Sporen (50-60  $\mu$ ), auch scheint dort die Crassitude weiter auf den Interradialbereich überzugreifen.

Vergleich: In Größe und Form ganz ähnlich ist *T. ianthina* BUTTER-WORTH & WILLIAMS, doch ist bei dieser Form die Exine granuliert.

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Namur, Lias

Subturma **Zonotriletes** WALTZ 1935

Infraturma **Cingulati** POTONIE & KLAUS 1954

**Crassitudisporites** n. gen.

Genotypus: *Crassitudisporites* (al. *Cingulatisporites*) *problematicus* COUPER 1958, S. 146, T. 24, F. 11

Diagnose: Trilete Miosporen mit dreieckiger bis kreisförmiger Äquatorkontur. Proximalseite glatt; Distalseite grob skulpturiert. Im Äquatorbereich ist die Exine zu einer Crassitude verdickt. Die Crassitude besitzt überall die gleiche Breite, die  $1/5$  des Sporenradius nicht überschreitet, und ist glatt bis schwach radialgestreift.

Vergleich: *Cingulatisporites* THOMSON besitzt ein ausgeprägtes Cingulum und ist glatt. *Cyatheacidites* (COOKSON) ist skulpturiert, besitzt aber ebenfalls ein breites Cingulum.

Bemerkung: Zu *Crassitudisporites* n. gen. sind die meisten von WEYLAND (1953) und COUPER (1958) als *Cingulatisporites* beschriebenen Arten zu stellen.

Bot. Verwandtschaft: Unbekannt

*Crassitudisporites problematicus* (COUPER 1958) n. comb.

T. 4, F. 20-23

1958 *Cingulatisporites problematicus* COUPER S. 146

1958 *Callisporites nux* BUTTERWORTH & WILLIAMS, S. 377

Holotypus: = Genotypus; Bajocian, Yorkshire

Diagnose: Siehe COUPER (1958)

Vergleich: Ähnliche Formen finden sich bei *Savitrisporites* BHARDWAJ. Diese Gattung ist jedoch durch ein skulpturiertes Cingulum gekennzeichnet. *Corrugatisporites* (TH. & PFL.) besitzt keine Crassitude.

Häufigkeit: Sehr selten bis selten; in 12 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias - Unterkreide

**Cingulatisporites** (THOMSON in THOMSON & PFLUG 1953, R. POT. 1956) emend.

Genotypus: *Cingulatisporites levispeciosus* PFLUG in THOMSON & PFLUG 1953, S. 58, T. 1, F. 16

Diagnose: (nach TH. & PFL.) Trilete Miosporen mit dreieckiger Äquatorkontur und allseits gleichmäßig entwickelter Zona. Ihre Breite beträgt höchstens  $\frac{1}{3}$  des Sporenradius. Die trilete Marke erreicht den Innenrand der Zona. — Obwohl das Originalpräparat nicht mehr verfügbar ist, ergibt sich aus der Abbildung des Genotypus von PFLUG, daß hier eine Zona im Sinne von POT. & KREMP (1955, S. 15) nicht vorliegt, es sich vielmehr um ein Cingulum handelt. Die Diagnose wird daher hier in der Weise emendiert, daß *Cingulatisporites* durch ein schmales Cingulum gekennzeichnet ist. Sporen mit Crassitude oder Zona dürfen also nicht hierhin gestellt werden; ebenso sollten mit POTONIE (1956, S. 58) verrucate bis corrugate Formen ausgeschieden werden.

Vergleich: *Densosporites* (BERRY) nähert sich im allgemeinen mehr der Kreisform und das Cingulum ist wesentlich breiter. Bei *Simonozonotriletes* (NAUMOVA) ist das Cingulum an den Dreiecksspitzen etwas breiter.

Bot. Verwandtschaft: Unbekannt

*Cingulatisporites cf. conduplicatus* (ANDREJEVA) n. comb.

T. 4, F. 31

Holotypus: *Cingulatisporites* (al. *Zonotriletes*) *conduplicatus* ANDREJEVA in LUBER & WALTZ 1941, S. 38, T. 7, F. 113

Diagnose: Größe 40-60  $\mu$ . Äquatorumriß dreieckig mit geraden, höchstens schwach konvexen oder konkaven Seiten. Exine und Cingulum völlig glatt. Die trilete Marke erreicht den Innenrand des Cingulums. Breite des Cingulums 7-8  $\mu$ .

Vergleich: *C. cavus* DELCOURT & SPRUMONT ist granuliert; *C. levispeciosus* hat deutlich konvexe Seiten, das Cingulum ist schmaler.

Häufigkeit: 2 Exemplare

Stratigr. Verbreitung: Unterkarbon, Lias

**Verrucingulatisporites** n. gen.

Derivatio nominis: Nach der Verbindung von Cingulum mit verrucoser Skulptur

Genotypus: T. 4, F. 28, 29 nach Präparat L 11 c.

Diagnose: Trilete Miosporen mit kreisförmiger Äquatorkontur, schmalem, im Querschnitt keilförmigem Cingulum und kräftiger Skulptur aus Verrucae, Coni oder Bacula. Die Skulptur ist auf den Zentralkörper beschränkt, das Cingulum ist glatt.

Vergleich: *Sinusporites* ARTÜZ und *Crassitudisporites problematicus* (COUPER) haben corrugate Skulptur; *Polypodiaceoisporites* POTONIE ist dreieckig und retikuliert.

Bot. Verwandtschaft: Unbekannt

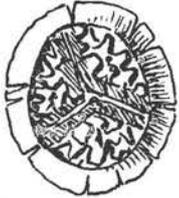
*Verrucingulatisporites iurensis* n. sp.

T. 4, F. 24-30

Derivatio nominis: Nach dem Vorkommen im Jura

Holotypus: = Genotypus

Diagnose: Größe 35-55  $\mu$ ; Holotypus 44  $\mu$ , Zentralkörper proximal glatt mit langer, bis nahe an das Cingulum reichender trileter Marke. Die Tecta werden beiderseits von einem deutlichen, bis 3,5  $\mu$  breiten Labrum begleitet. Die Skulptur der Distalseite besteht aus dicht stehenden, bis 4  $\mu$  hohen Warzen, deren Basisbreite nur wenig kleiner als die Höhe ist. Sie haben meist stumpf-kegelförmige Gestalt, können aber auch zugespitzt sein. Oft sind mehrere Elemente an der Basis geringfügig zusammengewachsen, ohne daß aber der Eindruck von



Cristae entsteht. Das Cingulum ist mit 5  $\mu$  Breite nur schmal, es ist deutlich außen keilförmig zugespitzt. Häufig trägt es radiale Risse.

Häufigkeit: Sehr selten; in 4 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Simonozonotriletes** (NAUMOVA 1937) POTONIE & KREMP 1954

1952 *Murospora* SOMERS (S. 20) (ebenfalls STAPLIN 1960, S. 28)

1953 *Trilites gigantis* COOKSON (S. 468)

1954 *Trilobozonosporites* PANT (S. 51) (ebenfalls POTONIE 1956, S. 59)

1957 *Triquitrites tendoris* HACQUEBARD & BARSS, (S. 18)

1958 *Mantonisporites phlebopteroides* COUPER (S. 140)

1960 *Tripartites serratus*, *Tripartites microreticulatus* STAPLIN (S. 27)

Genotypus: *Simonozonotriletes* (al. *Zonotriletes*) *intortus* (WALTZ in LUBER & WALTZ 1938, T. 2, F. 24) POT. & KREMP 1956, S. 109

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1954)

Bot. Verwandtschaft: z.T. *Phlebopteroides* (*Matoniaceae*)

*Simonozonotriletes* sp. A

T. 4, F. 17

Beschreibung: Größe 65  $\mu$ . Seiten schwach konvex, Y-Strahlen bis fast ans Cingulum reichend. Exine glatt. Cingulum im Interradialbereich 7  $\mu$  breit, an den Ecken auf 10  $\mu$  anschwellend.

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Lias

*Simonozonotriletes* sp. B

T. 4, F. 18

Beschreibung: Größe 70-75  $\mu$ . Seiten gerade. Die Y-Strahlen erreichen den Innenrand des Cingulums. Auf dem Zentralkörper stehen einige 2  $\mu$  hohe, oben zugespitzte Warzen. Cingulum glatt, bis 15  $\mu$  breit, zum Rand hin stark ausdünnend, im Radialbereich, stellenweise aber auch im Interradialbereich gewellt bis gezackt.

Häufigkeit: Sehr selten; in 3 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias

*Simonozonotriletes* sp. C

T. 4, F. 19

Beschreibung: Größe etwa 40  $\mu$ . Seiten gerade. Y-Strahlen kurz, ihre Länge entspricht etwa 1/4 des Radius. Exine glatt. Cingulum im Interradialbereich 4  $\mu$  und im Radialbereich 6  $\mu$  breit. Äquatorrand teilweise auffallend großgewellt.

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Lycospora** (SCHOPF, WILSON & BENTALL 1944) POT. & KR. 1956

Genotypus: *Lycospora micropapillata* (WILSON & COE 1940, S. 184) S., W. & B. 1944

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1956)

Bot. Verwandtschaft: *Lycopsidea*: *Lepidophytales*, *Lepidospermales*

*Lycospora* cf. *punctata* KOSANKE 1950

T. 4, F. 39

Holotypus: KOSANKE 1950, S. 45, T. 10, F. 3

Beschreibung der vorliegenden Formen: Größe 30-40  $\mu$ . Äquatorumriß kreisförmig bis schwach dreieckig. Ecken leicht zugespitzt. Die Breite des Cingulums entspricht 1/3 des Sporenradius. Das Cingulum ist deutlich zweigeteilt. Die Y-Marke reicht bis an den Außenrand des inneren dunkleren Ringes. Exine und Cingulum fein granuliert.

Häufigkeit: Sehr selten bis gelegentlich; in 11 Proben

Stratigr. Verbreitung: Westfal, Lias

*Lycospora* sp.

T. 40, F. 40

Beschreibung: Größe 35  $\mu$ , Äquatorkontur dreieckig mit stark konvexen Seiten und zugespitzten Ecken. Y-Marke lang, die Strahlen reichen ins Cingulum hinein. Cingulum 4-6  $\mu$  breit, zweigeteilt, fein granuliert. Zentralkörper mit einigen unregelmäßig geformten, abgeplatteten Warzen und Rugulae besetzt.

Vergleich: Bis auf die gröbere Skulptierung große Ähnlichkeit mit *L. punctata* KOSANKE.

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Densosporites** (BERRY 1937) POT. & KR. 1956

Genotypus: *Densosporites convensis* BERRY 1937, S. 159, F. 11

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1956)

Bot. Verwandtschaft: *Lycopodiales*

*Densosporites sphaerotriangularis* KOSANKE 1950

T. 4, F. 33-35

Holotypus: KOSANKE 1950, S. 33, T. 6, F. 7

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1956)

Häufigkeit: Sehr selten bis zahlreich; in 18 Proben

Stratigr. Verbreitung: Westfal, Lias

*Densosporites loricatus* (LOOSE 1932) SCHOPF, WILSON & BEN.

T. 4, F. 37

Holotypus: *Densosporites* (al. *Sporonites*) *loricatus* LOOSE in POT., IBR. & L. 1932, S. 450, T. 18, F. 42

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1956)

Häufigkeit: Sehr selten bis selten; in 15 Proben

Stratigr. Verbreitung: Westfal, Lias

*Densosporites cf. faunus* (IBRAHIM 1932) POT. & KR. 1956

T. 4, F. 36

Holotypus: *Densosporites* (al. *Sporonites*) *faunus* IBRAHIM in POT., IBR. & LOOSE 1932, S. 447, T. 14, F. 4

Beschreibung: Größe etwa 35-40  $\mu$ . Äquatorumriß gerundet dreieckig. Y-Marke nicht zu erkennen. Breite des Cingulums etwa 8  $\mu$ . Das Cingulum ist durch zahlreiche Löcher, Gruben und Rinnen gekennzeichnet. Eine Zweiteilung des Cingulums ist nicht festzustellen. Zentralkörper schwach rugulat.

Häufigkeit: Sehr selten; in 6 Proben

Stratigr. Verbreitung: Westfal, Lias

*Densosporites cf. triangularis* KOSANKE 1950

T. 4, F. 32

Holotypus: KOSANKE 1950, T. 7, F. 1

Beschreibung: Größe 30-40  $\mu$ . Äquatorumkontur dreieckig, Seiten gerade, Ecken schwach gerundet. Die Y-Marke reicht bis an den Innenrand des Cingulums. Zentralkörper rugulat. Cingulum glatt, die Breite entspricht dem halben Radius der Spore. — Beim Holotypus sind die Ecken stärker gerundet.

Häufigkeit: 2 Exemplare

Stratigr. Verbreitung: Westfal, Lias

*Densosporites sp.*

T. 4, F. 38

Beschreibung: Größe 40-50  $\mu$ . Äquatorumkontur kreisförmig. Die Breite des Cingulums entspricht  $\frac{2}{5}$  des Radius der Spore. Das Cingulum ist glatt, sein Außenrand ist in grobe coniarartige Fortsätze aufgelöst. Auf dem Äquatorumriß stehen knapp 20 solcher Elemente. Zentralkörper schwach rugulat.

Vergleich: *Densosporites aseki* POT. & KR. und *D. solaris* BALME besitzen ähnliche Fortsätze auf dem Cingulum, jedoch in größerer Zahl.

Häufigkeit: 2 Exemplare

Stratigr. Verbreitung: Lias

### **Cingulate Spore**

T. 4, F. 41

Beschreibung: Größe 46  $\mu$ . Äquatorumkontur kreisförmig bis schwach dreieckig. Y-Marke relativ breit, reicht bis an den Innenrand des Cingulums. Das Cingulum nimmt nach außen kaum an Dicke ab. Breite 8  $\mu$ . Charakteristisch ein kräftiger Wulst, der den Innenrand des Cingulums bildet. Zentralkörper und Cingulum glatt.

Vergleich: Sporen von ganz ähnlichem Habitus, aber deutlicher Granulierung wurden von LESCHIK (1955, S. 26) als *Discisporites* beschrieben. Ein Wulst am Innenrand des Cingulums tritt auch bei *Anulatisporites* (LOOSE) auf, doch ist er nicht außen gegen das Cingulum scharf abgesetzt.

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Mediasulcisporites** n. gen.

Derivatio nominis: Nach der Medianfurche des Cingulums

Genotypus: *Mediasulcisporites* (al. *Zonotriletes*) *mediasulcatus* WALTZ 1941 in LUBER & WALTZ 1941, S. 20, T. 3, F. 46

Diagnose: Trilete Miosporen mit kreisförmiger bis schwach dreieckiger Äquatorkontur. Die Y-Marke reicht bis zum Innenrand des Cingulums. Breites Cingulum, das mindestens die Hälfte des Radius der Gesamtspore einnimmt. Das Cingulum ist durch eine konzentrische Furche zweigeteilt. Durch diese Furche von anderen cingulaten Gattungen unterschieden.

*Mediasulcisporites mesozoicus* n. sp.

T. 4, F. 42

Holotypus: T. 4, F. 42 nach Präparat L 16 c.

Diagnose: Größe etwa 30-35  $\mu$ . Holotypus 33  $\mu$ . Äquatorkontur kreisförmig bis schwach dreieckig. Tetradenmarke oft aufgeplatzt, erreicht den Innenrand des Cingulums. Cingulum zweigeteilt durch eine bis 1  $\mu$  breite Furche. Der äußere Ring ist mit 4-5  $\mu$  etwas breiter und ragt etwas höher über den Zentralkörper als der innere Ring (4  $\mu$  breit). Cingulum und Zentralkörper völlig glatt.



Vergleich: *M. mediasulcites* WALTZ besitzt einen granulierten Zentralkörper und ein schmaleres Cingulum.

Häufigkeit: Sehr selten; in 3 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias

Infraturma **Zonati** POTONIE & KREMP 1954

**Zebrasporites** KLAUS 1960

Genotypus: *Zebrasporites kahleri* KLAUS 1960, S. 137, T. 30, F. 18-20

Diagnose: Siehe KLAUS (1960)

Bemerkung: Nach der von KLAUS (1960, S. 138) gegebenen Diagnose liegt eine zonenähnliche Bildung nicht vor. Auf Grund der Abbildungen von SCHULZ (1962, T. 1) und den hier vorliegenden Exemplaren (T. 4, F. 43-45), die alle zweifelsohne zu *Zebrasporites* gehören, handelt es sich jedoch bei dieser Gattung um eine zonate Spore (SCHULZ spricht von Perispor) mit einem dreieckigen Zentralkörper und einer auf den Interradialbereich beschränkten Zona. SCHULZ (1962, S. 315) sieht in *Thuringiasporites* SCHULZ ein Synonym von *Zebrasporites*. Seine Art *Th. laevigatus* (S. 310, T. 1, F. 6) kann dann allerdings wegen der fehlenden Rugae nicht hier verbleiben.

Bot. Verwandtschaft: *Cyatheaceae*?

*Zebrasporites interscriptus* (THIERGART ex SCHULTZ) REINHARDT *interscriptus* SCHULTZ 1962

T. 4, F. 44, 45

1949 ? *Sporites interscriptus* THIERGART, S. 13, T. 2, F. 9

1961 *Zebbrasporites interscriptus* REINHARDT, S. 706, T. 6, F. 11, 12  
1961 *Thuringiasporites interscriptus interscriptus* SCHULZ, S. 309, T. 1, F. 3  
Holotypus: *Zebbrasporites interscriptus interscriptus* SCHULZ, 1962, S. 309, T. 1, F. 3  
Diagnose: Siehe SCHULZ (1962)  
Häufigkeit: Sehr selten; in 3 Proben  
Stratigr. Verbreitung: Rät, Lias

*Zebbrasporites interscriptus labiatus* n. sp.

T. 4, F. 43

Derivatio nominis: Nach den breiten Labra

Holotypus: T. 4, F. 43 nach Präparat L 13 g.

Diagnose: Größe 30-40  $\mu$ , Holotypus 36  $\mu$ . Die Tetradenstrahlen werden beiderseits von markanten, je 2  $\mu$  breiten Labra begleitet und reichen bis an den Äquator. Den Rand des Zentralkörpers bildet ein kräftiger Wulst; die Zona ist nur schmal. Im übrigen ganz ähnlich wie *Z. int. interscriptus*.

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Cirratriradites** WILSON & COE 1940

Genotypus: *Cirratriradites* (al. *Sporonites*) *saturni* (IBRAHIM in POT. & LOOSE 1932, S. 448, T. 15, F. 14) SCHOPF, WILSON & BENTALL 1944

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1956)

Bot. Verwandtschaft: *Lycopodiales*

*Cirratriradites saturni* (IBRAHIM 1932) S., W. & B. 1944

T. 4, F. 46

Holotypus: = Genotypus

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1956)

Häufigkeit: Sehr selten; 3 Exemplare in 2 Proben

Stratigr. Verbreitung: Westfal, Lias

*Cirratriradites rarus* (IBRAHIM 1933) S., W. & B. 1944

T. 4, F. 47

Holotypus: *Cirratriradites* (al. *Zonalesporites*) *rarus* IBR. 1933, S. 29, T. 6, F. 33

Diagnose: Siehe POT. & KR. (1956)

Häufigkeit: Sehr selten; in 3 Proben

Stratigr. Verbreitung: Westfal, Lias

Anteturma **Pollenites** R. POTONIE 1931

Turma **Saccites** ERDTMAN 1947

Subturma **Monosaccites** (CHIATALEY 1951) POT. & KR. 1954

**Tsugaepollenites** POTONIE & VENITZ 1934

Genotypus: *Tsugaepollenites* (al. *Sporonites*) *igniculus* R. POTONIE 1931, S. 556, Abb. 2

Diagnose: Siehe POT. & VEN. (1934)

Bot. Verwandtschaft: *Tsuga*

*Tsugaepollenites dampieri* (BALME 1957) POTONIE 1958

T. 4, F. 48

Holotypus: *Tsugaepollenites* (al. *Zonalapollenites*) *dampieri* BALME 1957, S. 32, T. 8, F. 88

Diagnose: Siehe POTONIE (1958)

Bemerkung: Die botanische Verwandtschaft dieser Art mit *Tsuga* wird von BALME (1957, S. 32) angezweifelt.

Häufigkeit: 1 Exemplar

Stratigr. Verbreitung: Jura, Unterkreide, Eozän

*Tsugaepollenites mesozoicus* COUPER 1958

T. 4, F. 49, 50

1950 cf. *Tsuga* REISSINGER T. 17, F. 33, 34

1958 *Tsugaepollenites mesozoicus* COUPER S. 155, T. 30, F. 8

1958 *Tsugaepollenites mesozoicus* LANTZ S. 925, T. 6, F. 60-65

1958 *Cerebropollenites mesozoicus* NILSSON S. 72, T. 6, F. 10, 12

1965 *Cerebropollenites mesozoicus* DÖRING S. 61, T. 19, F. 6

Holotypus: COUPER 1958, S. 155, T. 30, F. 8

Diagnose: Siehe COUPER (1958)

Häufigkeit: Sehr selten bis gelegentlich; in 7 Proben

Stratigr. Verbreitung: Jura, Unterkreide, Tertiär

Subturma **Disaccites** COOKSON 1947

Infraturma **Disaccitrileti** LESCHIK 1955

**Vitreisporites** LESCHIK 1955

Genotypus: *Vitreisporites signatus* LESCHIK 1955, S. 53, T. 8, F. 10

Diagnose: Siehe LESCHIK (1955)

Bot. Verwandtschaft: *Podocarpaceae* (nach REISSINGER 1950), *Cycadofilices* (= *Pteridospermae*) (nach V. D. BRELIE 1964), *Caytoniales* (nach LEVET-CARETTE 1964)

*Vitreisporites signatus* LESCHNIK 1955

T. 5, F. 1, 2

1950 *Pityopollenites pallidus* REISSINGER T. 15, F. 1-5

1955 *Vitreisporites signatus* LESCHIK S. 53, T. 8, F. 10

1958 *Caytonipollenites pallidus* COUPER S. 150, T. 26, F. 7, 8

1958 *Caytonipollenites pallidus* LANTZ S. 926, F. 46, 47

1964 *Vitreisporites pallidus* V. D. BRELIE S. 144

Holotypus: Genotypus

Diagnose: Siehe LESCHIK (1955)

Häufigkeit: Sehr selten; in 10 Proben

Stratigr. Verbreitung: Keuper - Unterkreide, Eozän

Infraturma **Disaccitrileti** (LESCHIK 1955) POTONIE 1958

cf. **Vesicaspora** SCHEMEL (1951)

T. 5, F. 3

Genotypus: *Vesicaspora wilsonii* SCHEMEL 1951, S. 748, Abb. 1, 3

**Beschreibung:** Umriß oval; Länge 80  $\mu$ , Breite 55  $\mu$ . Zentralkörper kreisförmig, Durchmesser 35  $\mu$ , mit einer den Saccibasen parallel laufenden Falte. Die Sacci heben sich nur schwach aus der ovalen Kontur heraus. Subäquatorial sind die Sacci miteinander verbunden. Exine schwach skulpturiert.

**Vergleich:** *V. wilsonii*, die einzige bisher beschriebene Art, ist etwas kleiner, der die beiden Sacci verbindende Streifen ist schmaler. *Vestigisporites* BALME & HENNELLY ist über 100  $\mu$  lang und besitzt als Rudiment einer triletten Marke stets einen senkrecht auf den Saccibasen stehenden Schlitz.

**Häufigkeit:** 2 Exemplare

**Stratigr. Verbreitung** (*Vesicaspora wilsonii*): Westfal, Lower Gondwanas (Perm), Lias ?

**Alisporites** (DAUGHERTY 1941) emend.

**Genotypus:** *Alisporites opii* DAUGHERTY 1941, S. 98, T. 34, F. 2

**Diagnose:** Größe (Genotypus) 103  $\mu$ . Äquatorkontur einschließlich Sacci oval. Der distal zwischen den Sacci freibleibenden Keimstreifen ist nur schmal. Sacci nicht mehr als halbkreisförmig.

**Bemerkung zur Diagnose:** Die Abgrenzung gegen *Abietinaepollenites* POT. ist nicht ganz klar. Nach POTONIE (1958, S. 60) ist der Keimstreifen bei *Alisporites* «wohl meist schmaler» als bei *Abietinaepollinetes*. Um eine deutliche Unterscheidung zu ermöglichen, sollten zu *Alisporites* nur dem Genotypus sehr nahestehende Formen gestellt werden. *Alisporites* ist dann von *Abietinaepollenites* unterschieden durch die kreisförmige oder höchstens schwach ovale Kontur, die beträchtliche Größe und den schmalen Keimstreifen. Formarten wie *Alisporites thomasii* (COUPER 1958) NILSSON 1958 und *Alisporites microsaccus* (COUPER 1958) POCOCK 1962 müssen dann aus der Gattung ausgeschieden werden.

**Emendierte Gattungsdiagnose:** Große bisaccate Pollenkörner mit  $\pm$  kreisförmiger Kontur, schmalen distalen Keimstreifen und halbkreisförmigen Sacci.

**Vergleich:** Ähnliche Formen, aber mit breitem Keimstreifen, finden sich in der Gattung *Pityosporites* (SEWARD). Bei *Disaccites grandis* COOKSON 1953 handelt es sich wahrscheinlich um ein Synonym von *Alisporites opii*.

**Bot. Verwandtschaft:** *Caytoniales* ?

*Alisporites opii* (DAUGHERTY 1941)

T. 5, F. 17, 18

**Holotypus:** = Genotypus

**Diagnose:** Entspricht im wesentlichen der Gattungsdiagnose. Zentralkörper granulat bis rugulat. Sacci fein retikuliert.

**Häufigkeit:** Sehr selten bis selten; in 10 Proben

**Stratigr. Verbreitung:** Keuper, Lias

**Abietinaepollenites** R. POTONIE 1951

**Genotypus:** *Abietinaepollenites* (al. *Piceapollenites*) *microaiatus* (R. POT. 1931, 3. Mittl., S. 5, Abb. 34) R. POT. 1951, S. 144

**Diagnose:** Siehe POTONIE (1951)

**Vergleich:** *Alisporites* DAUGHERTY: siehe dort. *Pinuspollenites* RAATZ zeigt in der Aufsicht vollkreisförmige Sacci. Eine klare Abgrenzung gegen *Pityosporites* (SEWARD) findet sich nirgendwo

in der Literatur. Es handelt sich bei *Pityosporites* wohl nur um ein geologisch älteres, allerdings problematisches (siehe POTONIE 1958, S. 56) Äquivalent von *Abietinaepollenites*.

Bot. Verwandtschaft: *Pinus, Abies*

*Abietinaepollenites microalatus* (R. POT. 1931) R. POT. 1951

T. 5, F. 4-7

Ausführliche Synonymliste: siehe V. D. BRELIE (1964, S. 144)

Holotypus: = Genotypus

Bemerkung: POTONIE (1951, S. 145) unterschied 2 Unterarten: *A. microalatus maior* (Länge größer als 70  $\mu$ ) und *A. microalatus minor* (Länge unter 70  $\mu$ ). Auf diese Unterteilung wird hier verzichtet, da in den untersuchten Proben das Häufigkeitsmaximum bei einer Länge von etwa 72  $\mu$  liegt.

Häufigkeit: Sehr selten bis häufig; in 17 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias-Pliozän

#### **Pinuspollenites** RAATZ 1937

Lectogenotypus: *Pinuspollenites* (al. *Pollenites*) *labdacus* (R. POTONIE 1931, 3. Mittl., S. 5, Abb. 32) RAATZ 1937, S. 16 (gewählt von POTONIE 1958, S. 62)

Bot. Verwandtschaft: *Pinus, Abies*

*Pinuspollenites labdacus* (R. POTONIE 1931) RAATZ 1937

T. 5, F. 8-16

Holotypus: = Lectogenotypus

Diagnose: Siehe POTONIE (1950)

Mit POTONIE (1950) werden innerhalb der Art *P. labdacus* nach der Größe folgende Unterarten unterschieden:

*P. labdacus minor*: Länge unter 80  $\mu$ ; T. 5, F. 8-15

*P. labdacus maior*: Länge 80-100  $\mu$ .

*P. labdacus maximus*: Länge über 100  $\mu$ ; T. 5, F. 16

Häufigkeit: Sehr selten bis selten; in 12 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias, Oligozän, Miozän

#### **Abiespollenites** THIERGART in RAATZ 1937

Genotypus: *Abiespollenites absolutus* THIERGART in RAATZ 1937, S. 16, T. 1, F. 11.

Diagnose: Siehe POTONIE (1958)

Bot. Verwandtschaft: *Abies*

*Abiespollenites absolutus* THIERGART in RAATZ 1937

T. 5, F. 19

1937 *Abiespollenites absolutus* THG. in RAATZ, S. 16

1953 *Pityosporites absolutus* PFLUG in THOMSON & PFLUG, S. 68

Holotypus: = Genotypus

Diagnose: Siehe THOMSON & PFLUG (1953)

Häufigkeit: Sehr selten; in 6 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias, Pliozän, Pleistozän

**Piceapollenites** R. POTONIE 1931

Genotypus: *Piceapollenites alatus* R. POT. 1931, 2. Mittl., S. 28, T. 2, oben Mitte

Diagnose: Siehe POTONIE (1958)

Bot. Verwandtschaft: *Picea*

*Piceapollenites alatus* R. POTONIE 1931

T. 5, F. 20

1931 *Piceapollenites alatus* R. POTONIE S. 28

1953 *Pityosporites alatus* PFLUG in THOMSON & PFL., S. 68

Holotypus: = Genotypus

Diagnose: Siehe THOMSON & PFLUG (1953)

Häufigkeit: Sehr selten; in 6 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias, Miozän, Pleistozän

**Platysaccus** (NAUMOVA 1937) ex POTONIE & KLAUS 1954

Genotypus: *Platysaccus papilionis* POT. & KLAUS 1954, S. 539, T. 10, F. 12)

Diagnose: Siehe POT. & KLAUS (1954)

Bot. Verwandtschaft: *Podocarpaceae* ?

*Platysaccus papilionis* POT. & KLAUS 1954

T. 5, F. 21, 22

Holotypus: = Genotypus

Diagnose: Siehe POT. & KLAUS (1954)

Häufigkeit: Sehr selten; in 9 Proben

Stratigr. Verbreitung: Zechstein, Perm-Trias-Grenzbereich Lias

**Coniferenpollen vom Ficeatypus**

T. 5, F. 25, 26

Beschreibung: Länge 190 und 260  $\mu$ . Umriß oval. Keimstreifen schmal. Sacci etwa halbkreisförmig, nur wenig abgesetzt; kräftig punktiert bis fein rugulat.

Bemerkung: Pollenkörner dieser Art finden sich bei REISSINGER (1950, T. 15, F. 19, 20 und T. 16, F. 1). Die Verwandtschaft dieser ebenfalls liassischen Formen mit *Picea* ist fraglich. Zumindest im Tertiär handelt es sich bei solchen auffallend großen Formen um *Picea*. Ähnlich gebaute Formen wie *Pinus* und *Abies* erreichen im Tertiär nicht diese Größe (THIERGART 1940 nach REISS. 1950, S. 110).

Häufigkeit: 2 Exemplare

Stratigr. Verbreitung: Lias

**Bisaccate Pollen inc. sed.**

T. 5, F. 23, 24

Beschreibung: Länge 100-120  $\mu$ , Breite 60-80  $\mu$ , Zentralkörper 70-80  $\mu$  lang, 40-50  $\mu$  breit. Umriß oval, ohne Y-Marke, wohl bisaccat. Die Sacci sind subäquatorial miteinander verbunden, so daß der Eindruck eines monosaccaten Pollens entsteht. Der deutliche helle Keimstreifen und die ovale Form sprechen aber dafür, daß es sich um bisaccate Pollen handelt. Sacci mit Infraretikulum, Außenrand durch einen Limbus verstärkt.

Häufigkeit: Sehr selten; in 7 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias

Turma **Aletes** IBRAHIM (1933)

Subturma **Azonaletes** (LUBER 1935) POTONIE & KREMP 1954

**Araucariacites** COOKSON 1947

Lectogenotypus: *Araucariacites australis* COOKSON 1947, S. 130, T. 13, F. 3 (gewählt von COUPER 1953, S. 39)

*Araucariacites australis* COOKSON 1947

T. 6, F. 8, 9

Holotypus: = Lectogenotypus

Diagnose: Siehe COOKSON (1947)

Häufigkeit: Sehr selten bis regelmäßig; in 14 Proben

Stratigr. Verbreitung: Lias - Oligozän

Bot. Verwandtschaft: *Araucariaceae*

Turma **Praecolpates** POTONIE & KREMP 1954

**Eucommiidipollenites** (ERDTMAN 1948, COUPER 1958) LEVET-CARETTE 1964

Genotypus: *Eucommiidipollenites* (al. *Eucommiidites*) *troedssoni* ERDTMAN 1948, S. 267, F. 15

Diagnose: Siehe COUPER (1958)

Bot. Verwandtschaft: Nach ERDTMAN handelt es sich um tricolpate Pollen, d.h. sie würden den dicotyledonen Angiospermen zugeordnet sein. POTONIE (1958) und COUPER (1958) lehnen diese Ansicht ab; COUPER vermutet eine Zugehörigkeit zu den Gymnospermen.

*Eucommiidipollenites troedssoni* (ERDTMAN 1948, COUPER 1958) LEVET-CARETTE 1964

Holotypus: = Genotypus

Diagnose: Siehe COUPER (1958)

Häufigkeit: Sehr selten bis gelegentlich; in 16 Proben

Stratigr. Verbreitung: Rät - untere Kreide

Turma **Monocolpates** IVERSEN & TROELS-SMITH 1950

**Ginkgocycadophytus** SAMOILOWITZ 1953

syn. *Entylissa* NAUMOVA 1937

Genotypus: *Ginkgocycadophytus* (al. *Azonaletes* et *Subsacculifer*) *caperatus* (LUBER 1938, T. 1, F. 11) SAMOILOWITZ 1953, S. 30

*Ginkgocycadophytus caperatus* (LUBER 1938) SAMOILOWITZ 1953

T. 6, F. 6, 7

Holotypus: = Genotypus

Diagnose: Siehe POTONIE (1958)

Häufigkeit: Sehr selten bis gelegentlich; in 12 Proben

Stratigr. Verbreitung: Unteres Perm, Zechstein, Lias

Bot. Verwandtschaft: *Ginkgoales*, *Cycadales*, *Bennettitales*

## **Pollenites incertae sedis**

**Classopollenites** (PFLUG 1953, POCOCK & JANSONIUS 1961) DANZE-CORSIN, LAVEINE 1963  
Genotypus: *Classopollenites* (al. *Classopollis*) *classoides* (PFLUG 1953, S. 91, T. 16, F. 29, 30)  
POC. & JANS. 1961, S. 439, T. 1, F. 1-9  
Diagnose: Siehe POCOCK & JANSONIUS (1961)  
Bot. Verwandtschaft: *Coniferae inc. sed.*

*Classopollenites classoides* (PFLUG 1953, POC. & JANS. 1961) DANZE-CORSIN, LAVEINE 1963  
T. 6, F. 1-4

Holotypus: = Genotypus  
Diagnose: Siehe POCOCK & JANSONIUS (1961)  
Häufigkeit: Häufigkeit bis zahlreich; in sämtlichen Proben  
Stratigr. Verbreitung: Perm - Eozän, mit besonderer Häufigkeit an der Trias-Jura  
und der Jura - Kreide - Grenze.

*Classopollenites minor* (POCOCK & JANSONIUS 1961) DANZE-CORSIN, LAVEINE 1963  
T. 6, F. 5

Holotypus: POC. & JANS. 1961, S. 444, T. 1, F. 23, 24  
Diagnose: Siehe POCOCK & JANSONIUS (1961)  
Bemerkung: Die von POC. & JANS. als artkennzeichnend angegebene Mikroretikulierung  
ist auch bei *C. classoides* vorhanden.  
Häufigkeit: Sehr selten bis selten; in 11 Proben  
Stratigr. Verbreitung: Lias, Eozän

## Sonstige Mikrofossilien

### **Hystrichosphaeridea**

T. 6, F. 10, 11

Beschreibung: Größe etwa 15-25  $\mu$ .  $\pm$  kreisförmige bis schwach polygonale, stark  
durchsichtige, farblose Formen ohne Dehisenmarke. Die äußere Membran ist mit zahlreichen  
dünnen, langen, haarähnlichen Fortsätzen versehen.  
Bemerkung: Bei den Hystrichosphären handelt es sich nach EISENACK (1938, 1963) um  
einzellige Algen unbekannter systematischer Stellung. Die früher verbreitete Annahme, daß  
es sich um Sporen handle, kann nach EISENACK (1963) als überwunden gelten.  
Häufigkeit: Sehr selten bis regelmäßig; in 18 Proben

**Tasmanites** (NEWTON 1875) SCHOPF, WILSON & BENTALL 1944

Einzellige Algen unbekannter systematischer Stellung mit meist dickwandiger, kugeligter Gestalt  
von gelber dunkelrotbrauner Farbe. Wand meist mit Poren versehen (Einzelheiten siehe bei  
EISENACK 1958 und SOMMER 1956).

cf. *Tasmanites sp. A*

T. 6, F. 13-15

Beschreibung: Durchmesser 60 - über 100  $\mu$  Wandstärke 4  $\mu$  - 5  $\mu$ . Oberfläche bedeckt  
mit dichtstehenden, halbkugelförmigen Warzen von 1-2  $\mu$  Durchmesser. Die einzelnen Warzen

stehen so dicht, daß sich ein negatives Retikulum von bienenwabenartiger Gestalt ergibt. Häufig sind Risse oder dicke, unregelmäßig über die Oberfläche verlaufende Wülste vorhanden.

**Bemerkung:** Ganz die gleiche Form findet sich bei LEVET-CARETTE (1964, T. 20, F. 27). Bei den Skulpturelementen soll es sich allerdings um Poren handeln.

**Häufigkeit:** Sehr selten bis häufig; in allen 20 Proben

cf. *Tasmanites* sp. B

T. 6, F. 12

**Beschreibung:** Größe 85  $\mu$ . Wie sp. A, nur sind die Warzen größer ( $\varnothing$  4); der Rand erscheint dadurch deutlich gewellt.

**Häufigkeit:** 1 Exemplar

cf. *Tasmanites* sp. D

T. 6, F. 16

**Beschreibung:** Größe etwa 50  $\mu$ . Sehr dünnwandig mit zahlreichen Sekundärfalten. Die Skulpturierung entspricht der bei sp. A, die Warzen sind jedoch nur wenig größer als 1  $\mu$ .

**Häufigkeit:** Sehr selten; in 5 Proben

#### **Incertae sedis**

T. 6, F. 19

**Beschreibung:** Größe 75  $\mu$ . Kreisrunde, schwach skulpturiert. Form mit leicht gewelltem Rand. Randlich 4 jeweils 90° voneinander entfernte dunkle Flecken. Sie haben bis auf ein schmales, durch den Rand abgeschnittenes Segment kreisförmige Gestalt; Durchmesser 20-25  $\mu$ .

**Häufigkeit:** 1 Exemplar

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Sporenführung.

In den 20 untersuchten Proben wurden insgesamt 111 verschiedene Formarten gefunden; davon konnten 62 bekannten Gattungen und Arten bzw. Unterarten zugeordnet werden. 19 Formarten wurden als neue Arten bereits bekannter Gattungen und 4 Formen als Genotypen neuer Gattungen beschrieben. Bei 18 Formen war lediglich eine gattungsmäßige Zuordnung möglich, da sie zu selten vorkamen, um die Aufstellung neuer Arten zu rechtfertigen. Schließlich wurden weitere 8 Formen beschrieben, die aus dem gleichen Grund auch gattungsmäßig nicht eingeordnet werden konnten.

Die 111 Formarten verteilen sich — ohne die gattungsmäßig nicht bestimmten Sporen — auf insgesamt 59 Gattungen. 5 Gattungen und 2 Arten wurden emendiert, neu kombiniert wurden 6 Arten.

Eine graphische Darstellung der Häufigkeitsverteilung gibt das Diagramm Anlage 1. In diesem Häufigkeitsdiagramm werden allerdings nicht alle aufgefundenen Formen dargestellt, sondern nur solche, die durch größere Frequenzen oder größere vertikale Verbreitung im Profil für die Gliederung der untersuchten Schichtenfolge in Frage kommen können. (Über die Auswertung des Häufigkeitsdiagramms siehe Kapitel 4.3.)

### 4.2. Zusammensetzung der Flora.

Im folgenden wird versucht, die aufgefundenen dispersen Sporen und Pollen in das natürliche System einzuordnen, um dadurch einen Überblick über die Zusammensetzung der damaligen Flora zu bekommen.

#### I. Pteridophyta

1. Lycopodiales (Selaginellaceae u. Lycopodiaceae)  
*cf. Acanthotriletes, Uvaesporites, Hamulatisporites, Lycospora, Cirratriradites*
2. Equisetales  
*Calamospora*
3. Filicales
  - a) Cyatheaceae  
*Deltoidisporites hallii, Trilitisporites (z.T.), Zebrasporites,*
  - b) Polypodiaceae  
*Deltoidisporites neddeni, Conbaculatisporites*
  - c) Matoniaceae  
*Matonisporites*
  - d) Gleicheniaceae  
*Concavisporites, Paraconcavisporites, Deltoidisporites (z.T.)*
  - e) Schizeaceae  
*Lygodiumsporites, Raistrickia, Convolutispora, Ischyosporites (z.T.)*

- f) Osmundaceae  
*Todisporites, Osmundiacidites, Rugulatisporites*
- g) Filicales inc. sed.  
*Granulatisporites* (z.T.), *Cyclograniosporites, Camptotriletes, Triquitriles*.
- 4. Pteridophyta inc. sed., besonders wahrscheinlich Filicales: *Laevigate Sporen inc. sed., Retusotriletes, Dissectiosporites, Pustulatisporites, Trilitisporites* (z.T.), *Trigrisporites, Corrugatisporites, Dictyotriletes, Foveasporis, Distalanulisporites, Tripartites, Cingulatisporites, Crassitudisporites, Verrucingulatisporites, Simonozonotriletes, Mediasulcisporites*.

## II. Pteridospermae

*Punctatisporites, Granulatisporites* (z.T.) *Verrucosporites*.

## III. Gymnospermae

- 1. Cycadophyta - Ginkgophyta  
*Ginkgocycadophytus*.
- 2. Coniferae
  - a) Pinaceae - Podocarpaceae  
*Tsugaepollenites, Vitreisporites, Abiespollenites, Alisporites, Platysaccus, Pollen von Picea* - Typus.
  - b) Araucariaceae  
*Araucariacites*
  - c) Coniferae inc. sed.  
*Classopollenites, bisaccate Pollen inc. sed.*
- 3. Gymnospermae inc. sed.  
*Eucommiidipollenites*

Von den 111 gefundenen Formen entfallen 5/6 aller Arten auf Pteridophyten und Pteridospermen: nur 1/6 aller Formen stammt von gymnospermen Mutterpflanzen. Ganz anders wird das Bild allerdings, wenn man die prozentuale Verteilung der Sporen und Pollen auf die Gruppen des natürlichen Systems betrachtet. Fast durchweg 50% aller ausgezählten Formen gehören zu den *Gymnospermae*. *Pteridospermae* und *Filicales* sind im Durchschnitt aller Proben etwa gleich stark vertreten, die *Equisetales* dagegen spielen nur eine untergeordnete Rolle.

Dieses sich auf Grund der Sporen und Pollen ergebende Bild über die Zusammensetzung der Flora ist im wesentlichen das gleiche, das man durch den Makrofossilbefund über die Flora des Jura gewonnen hat (GOTHAN & WEYLAND 1954, S. 454 ff., ZIMMERMANN 1959, S. 632. MÄGDERFRAU 1956, S. 263). «Die Juraflora gehört noch ganz zur Gymnospermenzeit, das zeigt das Vorherrschen der Cycadopsiden, Ginkgopsiden und Coniferen» (ZIMMERMANN). «Die Schachtelhalme lebten nur in einer kleinen Art» (MÄGDERFRAU).

Auffallend ist bei den untersuchten Proben lediglich die relativ große Häufigkeit der *Lycopodiales*, von denen Makrofossilien im Jura nur ganz gelegentlich gefunden wurden (WEYLAND).

### 4.3. Auswertung.

Zur Untergliederung von Schichtkomplexen sowie zur Korrelierung von Gesteinschichten oder Kohleflözen mit Hilfe von Sporen und Pollen arbeitet man entweder mit Leitformen oder mit Wechseln in der Häufigkeit gewisser Formen (COUPER 1958). Leitformen sind durch begrenzte zeitliche Verbreitung gekennzeichnet und ermöglichen dadurch die Parallelisierung von

Schichten. Änderungen in der Sporenvergesellschaftung kommen besonders im Häufigkeitswechsel bestimmter Formen zum Ausdruck, die aber keine Leitformen zu sein brauchen.

Leitformen besitzen in dem untersuchten, relativ geringmächtigen Profil keine Bedeutung; Formen mit hohen Frequenzen, die durch plötzliches Einsetzen oder Verschwinden gekennzeichnet sind, treten nicht auf. Bei einigen Formen mit niedrigen Frequenzen ist das jedoch gelegentlich der Fall; ihr Anteil ist aber mit meist weniger als 5% nicht hoch genug, um ein zufallsbedingtes Fehlen der betreffenden Form mit Sicherheit ausschließen zu können. Beispielsweise tritt *Hamulatisporites kuepperi* (KLAUS) (Häufigkeit stets unter 1%) erst ab Probe 18, dann aber regelmäßig auf, wurde allerdings bereits im Rät von Luxemburg beobachtet (KRAMP 1965, T. 1, F. 9). Einige Arten, die im Jura Englands Leitwert besitzen (COUPER 1958), treten auch in den luxemburgischen Liasproben auf (*Todisporites maior* COUPER, *Todisporites minor* COUPER, *Crassitudisporites problematicus* (COUPER) und *Eucommiidipollenites troedssoni* ERDTMANN). Ihr Leitwert für das untersuchte Profil ist aber fraglich. *Todisporites maior* und *Todisporites minor* reichen — wenigstens in England — bis in den oberen Dogger und damit weit über die vorliegende Schichtenfolge hinaus. *Eucommiidipollenites troedssoni* erscheint in England erst mit dem Dogger, tritt aber in Luxemburg schon im Unteren Lias auf. *Crassitudisporites problematicus* verschwindet im untersuchten Profil ab Probe 15, setzt dagegen in England ebenfalls erst mit dem Dogger ein.

Wenn Vegetationswechsel vorhanden sind, dürften sie sich also in unserem Falle nur im Wechsel des Überwiegens von Formen hoher Frequenzen zu erkennen geben.

Um eine solche Form hoher Frequenz handelt es sich bei *Classopollenites classoides* (PFLUG). Sie tritt in allen Proben mit überwiegender Häufigkeit auf. Lediglich in den Proben 6 und 7 ist diese Art mit nur etwa 30% vertreten, übersteigt sonst aber immer 40%. Diese Form besitzt allerdings für das untersuchte Profil wegen ihrer geringen Häufigkeitsschwankungen keinen Wert.

Besonderes Interesse dagegen verdienen *Densosporites sphaerotriangularis* KOSANKE und *Abietinaepollenites microalatus* POT. *D. sphaerotriangularis* tritt in den Proben 1 bis 20 regelmäßig mit großer Häufigkeit auf (9—37%), sinkt dann aber an Probe 19 auf weniger als 3% ab. *Ab. microalatus* dagegen erreicht bis Probe 14 höchstens 3,9%, steigt dann jedoch auf regelmäßig mehr als 10% an. Stellt man *D. sphaerotriangularis* und *Ab. microalatus* einander gegenüber, so vollzieht sich der Wechsel im relativen Überwiegen der beiden Arten zwischen den Proben 20 und 18, also innerhalb von etwa 14 m. Betrachtet man die Frequenz der Gesamtheit aller bisaccaten Pollenkörner (deren Mutterpflanzen — Coniferen — sich systematisch sehr nahestehen) so ist ein starkes Zunehmen dieser Gruppe schon ab Probe 8 zu bemerken, nämlich von weniger als 1% auf über 4%. Insgesamt gesehen vollzieht sich der Wechsel von *D. sphaerotriangularis* zu den bisaccaten Pollen im Bereich der Proben 19/20 innerhalb eines Meters des Profils, also wohl innerhalb eines ganz kurzen Zeitraumes. Bemerkenswerterweise liegt dieser Horizont nur 30 cm über der eingangs erwähnten, wahrscheinlichen Grenze Sinémurien s.str. — Lotharingien, der markante Häufigkeitssprung fällt also praktisch mit dieser stratigraphischen Grenze zusammen. Als Ursache für diesen Häufigkeitswechsel kommen Klimaänderung oder Änderungen in der paläogeographischen Situation (Abhängigkeit der Sporenführung von der Küstenferne der Ablagerungen) in Frage.

Wie weit sich dieser Häufigkeitswechsel horizontal verfolgen läßt und ob er also Bedeutung für  $\pm$  weiträumige Korrelationen besitzt, darüber läßt der Befund eines einzigen Profils noch keine Aussage zu. Dazu müssen erst weitere stratigraphisch gesicherte Profile sporologisch ausgewertet werden.

Bei einem Vergleich der vorliegenden Befunde mit den Resultaten von COUPER (1958) ergeben sich interessante Parallelen. Seine Untersuchungen erfaßten ausgewählte Juravorkommen in England und Schottland und erstreckten sich über die gesamte Schichtenfolge vom Unteren Lias bis ins Wealden. Von Interesse sind hier vor allem seine Beobachtungen im Lias. Obwohl die Proben COUPERS aus weit auseinanderliegenden Gebieten stammen (Nordschottland und Yorkshire), besitzen sie eine große Ähnlichkeit in der Zusammensetzung der Mikroflora. Von Bedeutung für vergleichende Untersuchungen haben sich in den von COUPER bearbeiteten Schichtenfolgen — das gilt auch für den höheren Jura — vor allem die Coniferenpollen *Abietinaepollenites microalatus*, *Araucariacites australis*, *Tsugaepollenites mesozoicus* und *Classopollenites classoides* erwiesen. Aus der Abbildung 4, S. 89 von COUPER geht hervor, daß innerhalb des Unteren Lias (etwa Sinémurien- bis Pliensbachien-Niveau) die Frequenz von *Abietinaepollenites microalatus* von unten nach oben von 25 auf 55% und die von *Araucariacites australis* von 5 auf 18% ansteigt; *Tsugaepollenites mesozoicus* bleibt mit etwa 5% unverändert und *Classopollenites classoides* fällt von 40 auf 30% zurück.

Bemerkenswerterweise stimmen nun die im luxemburgischen Lias gewonnenen Ergebnisse recht gut mit den englisch-schottischen Befunden überein: Auch in den in der vorliegenden Arbeit untersuchten Proben zeigt *Ab. microalatus* eine nach oben zunehmende Häufigkeit (0,3 - maximal 17%), *Ts. mesozoicus* erscheint im gesamten Profil mit  $\pm$  unveränderter geringer Frequenz (maximal 4%), *Cl. classoides* tritt ebenfalls im gesamten Profil auf mit großer, nicht stark schwankender Häufigkeit (40-70%) und *Ar. australis* zeigt eine im ganzen gesehen leicht ansteigende Tendenz (Anlage 1a).

Während jedoch in den von COUPER untersuchten Schichten mit *Araucaria*-verwandten Pflanzen (repräsentiert durch *Araucariacites* und *Classopollenites*) und *Pinus*-Verwandten (*Abietinaepollenites*) nur Coniferen für die Sporen-Pollenanalyse eine Rolle spielen, sind im luxemburgischen Lias außerdem noch lycopside Sporen vom Typ *Densosporites* von großer Bedeutung, die im Jura von Yorkshire und Schottland wie auch in Südengland (LANTZ 1958) und Frankreich (LEVET-CARETTE 1964) nicht beobachtet wurden. *Densosporites* ist vielmehr bisher nur aus dem Karbon bekannt geworden.

Obwohl die Möglichkeit nicht ausgeschlossen werden kann, daß *Densosporites* (und andere Arten wie *Dictyotrites bireticulatus* (IBR.), *Triquirites arcuatus* (WILSON & COE), *Cirratiradites saturni* (IBR.) u.a.m.) von anderen Mutterpflanzen stammen als die im Karbon auftretenden Arten gleichen Namens, daß hier also Konvergenzerscheinungen vorliegen, so ist doch die Annahme naheliegend, daß es sich um eingeschwemmtes karbonisches Material handelt.

Wie die vorliegenden Untersuchungen gezeigt haben, gibt es in dem bearbeiteten Profil eine deutliche, durch einen Häufigkeitssprung markierte Grenze. Eine weitere, mikrofloristisch sicher zu erfassende Grenze ist die zwischen Rät und Lias: Wenig weiter nördlich ist sie deutlich ausgeprägt (KRAMP 1965) und dürfte auch im Gebiet von Contern im Sporenbild zum Ausdruck kommen. Inwieweit sich die hangende Schichtenfolge im luxemburgischen Raum ebenso aufgliedern läßt, ist allerdings noch offen. Sicherlich aber lassen sich größere Schichtkomplexe als der untersuchte Profilabschnitt auf diese Weise gliedern.

COUPER (1958) hat in England eindeutig Lias, Dogger und Malm gegeneinander abgrenzen können.

Ob sich mit Häufigkeitswechseln in engbegrenzten Profilabschnitten wie dem erwähnten Wechsel zwischen Probe 19 und 20 weiträumige Korrelierungen durchführen lassen, ist, wie

gesagt, fraglich. Umfangreichere Schichtkomplexe scheinen dagegen, wie die Übereinstimmungen zwischen England und Luxemburg zeigen, über größere Entfernungen miteinander vergleichbar zu sein.

Allerdings dürfte das wohl nur unter Berücksichtigung der paläogeographischen Verhältnisse möglich sein. Wenigstens legen die auffallenden Unterschiede in der Zusammensetzung der Rät-Lias-Sporenflora zwischen dem luxemburgischen und dem oberfränkisch-thüringischen Raum paläogeographische Ursachen nahe.

So ist beispielsweise die Mikroflora des Rät von Luxemburg durch die gegenüber dem Lias wesentlich geringere Häufigkeit von *Classopollenites classoides* und *Densosporites sphaerotriangularis* gekennzeichnet sowie durch das völlige Fehlen von *Abietinaepollenites* und *Pinuspollenites* (KRAMP 1965).

Im oberfränkischen Rät tritt *Cl. classoides* dagegen mit überwiegender Häufigkeit auf; im Lias fällt diese Form in der Häufigkeit dann stark zurück und verschwindet ab Lias  $\beta$  ganz, d.h. mit der Grenze unteres/oberes Sinémurien (SIEROTIN 1961). Aus dem Rät und Lias von Thüringen wird *Cl. classoides* überhaupt nicht erwähnt (REINHARDT 1961, SCHULZ 1961). Bisaccate Pollen spielen im Rät und Lias von Franken und Thüringen keine Rolle.

Die damals bestehende Meeresverbindung zwischen Lothringen und England mag ein Grund dafür sein, daß die Sporenbilder dieser Gebiete trotz der wesentlich größeren Entfernung relativ gut übereinstimmen.

### Verwendete Literatur.

Hier wird nur die unmittelbar verwendete Literatur aufgeführt. Ein ausführlicheres Verzeichnis mit den hier nicht erwähnten, im Texte jedoch erscheinenden Quellen findet sich u. a. bei POTONIE & KREMP, *Palaeontographica B*, 100, 1956 und POTONIE 1960 a.

- ALPERN, B.: Contribution aux méthodes à la systématique palynologiques et pétrographiques de Charbons. — Dissertation Paris 1957
- ALPERN, B.: Méthode d'Extraction des Spores des roches du Houiller. *Pollen & Spores*, 5, S. 169-177. Paris 1963
- ANONYM Compte rendu der 3. Tagung der C.I.M.P., Krefeld 1961; herausgegeben vom Laboratoire du Centre d'études et recherches des charbonnages de France. — Verneul-en-Halatte (Oise) 1961
- ANONYM: 5ème Congrès International de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère: Extraction of Spores and Other organic Microfossils from Paleozoic clastic Sediments and Coals; herausgegeben vom Institut Français du Pétrole, Division Sédimentologie, Rueil-Malmaison (S. et-O.) 1963
- BALME, B.E.: Spores and Pollen grains from the Mesozoic of Western Australia. - *Commonwealth Sc. Ind. Res. Org., T.C.*, 25. Chatswood 1957
- COUPER, R.A.: Upper Mesozoic and Cainozoic Spores and Pollen grains from New Zealand. - *New Zeal. Geol. Surv., Paleont. Bull.* 22, 1953
- COUPER, R.A.: British Mesozoic Microspores and Pollen grains. - *Palaeontographica B*, 103, Stuttgart 1958
- DELCOURT, A. & SPRUMONT, G.: Les spores et les grains de pollen du Wealdien du Hainaut. - *Mém. Soc. Belge Géol., Nouv. Sér.* 4, 5. Brüssel 1955
- DÖRING, H.: Die sporenpaläontologische Gliederung des Wealden in Westmecklenburg (Struktur Werle). - *Geologie* 14, Bh, 47, Berlin 1965
- EISENACK, A.: Tasmanites Newton 1957 und Leioaphaeridia n.g. als Gattungen der Hystrichosphaeridea. - *Palaeontographica A.*, 110, S. 1-19. Stuttgart 1958
- EISENACK, A.: Sind Hystrichosphären Zysten von Dinoflagellaten? - *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 5, 225-231, Stuttgart 1963
- FAEGRI, K. & IVERSEN, J.: *Text Book of Modern Pollen Analysis.* - Kopenhagen 1950
- GREBE, H. & SCHWEITZER, H.J.: Die Sporen dispersae des niederrheinischen Zechsteins. - *Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf.*, 12, S. 201-224, Krefeld 1964
- HAGEMANN, H.W.: Beiträge zur Geologie des kohleführenden Gebietes von El. Maghara, Nord-Sinai (Ägypten). *Geologische Mitteilungen*, 4. S. 397-429 Aachen 1965
- HOFFMEISTER, W.S., STAPLIN, F.L. & MALLROY, R.E.: Geologic Range of Paleozoic Plant Spores in North America. *Micropaleontology*, 1, S. 9-23, New York 1955
- IBRAHIM, A.C.: Sporenformen des Ägirhorizontes des Ruhrreviers. — Dissertation T. H. 1932
- JANSONIUS, J.: Palynology of Permian and Triassic Sediments, Peace River Area, Western Canada. — *Palaeontographica B*, 110, S. 35-98, Stuttgart 1962
- KLAUS, W.: Über die Sporendiagnose des deutschen Zechsteinsalzes und des alpinen Salzgebirges. — *Z. dt. geol. Ges.*, 105, S. 776-788. Hannover 1955

- KLAUS, W.: Sporen der karnischen Stufe der ostalpinen Trias. — Geol. Jb. BA., Sonderb. 5, S. 107-184, Wien 1960
- KRAMP, J.: Faziesuntersuchungen in den Rät-Lias-Grenzschiefern bei Junglinster. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Aachen
- KREMP, G.O.W. (HERAUSG.): Catalog of Fossil Spores and Pollen, V. 2, 15, 16, 17, 20, 21 University Park, 1957—1964
- KRUTZSCH, W.: Mikropaläontologische Untersuchungen in der Braunkohle des Geiseltales. Geologie 8, Beih. 21-22, Berlin 1959
- LANTZ, J.: Etude palynologique de quelques échantillons Mésozoïques du Dorset (Grande Bretagne). — Rev. Inst. Franc. Pétrole, 13, S. 917-943, Paris 1958 a
- LANTZ, J.: Etude de Spores et Pollens d'un échantillon Purbeckien de l'Ile d'Oleron. — Rev. Micropaléont. Fr., 1, 1, S. 33-37, Paris 1958 b
- LESCHIK, G.: Die Keuperflora von Neuwelt bei Basel, II, Iso- und Mikrosporen. — Schweiz. Palacont., Abh. 72,
- LEVET-CARETTE, J.: Etude de la microflore infraliasique d'un sondage effectué dans le sous-sol de Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais). — Ann. Soc. Géol. Nord, 83, Lille 1963
- LUCIUS, M.: Geologie Luxemburgs, V, Das Gutland; Luxemb. 1948
- MARSHALL, A.E. & SMITH, A.H.V.: Miospores from ... the Yorkshire coalfield. — Paleontology, 7, s. 656-673, 1965
- MINER, E.L.: Paleobotanical examinations of cretaceous and tertiary coals. — Am. Midl. 16, S. 585-621, 1935
- POCOCK, S.A.J. & JANSONIUS, J.: The Pollen Genus *Classopollis* PFLUG 1953. — Micropaleontology, 4, S. 439-449 New York 1958
- POCOCK, S.A.: Microfloral Analysis and Age Determination of Strata at the Jurassic-Cretaceous Boundary in the Western Canada Plains. — Palaeontographica B, 111, S. 1-95, Stuttgart 1962
- POTONIE, R.: Die Behandlung der Sporae dispersae und der fossilen Pflanzen überhaupt nach dem Intern. Code der Botanischen Nomenklatur. — Paläont. Z., 30, S. 69-87, Stuttgart 1956
- POTONIE, R.: Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae I, Beih. Geol. Jb. 23, Hannover 1956; II, Beih. Geol. Jb. 31; Hannover 1958; III, Beih. Geol. Jb. 39, Hannover 1960 a
- POTONIE, R.: Zur Paläontologie und Stratigraphie der Sporae dispersae. — Paläont. Z. 34, S. 17-26, Stuttgart 1960 b
- POTONIE, R. & KLAUS, W.: Einige Sporengattungen des alpinen Salzgebirges. — Geol. Jb., 68, S. 517-546, Hannover 1954
- POTONIE, R. & KREMP, G.O.W.: Die Sporae dispersae des Ruhrkarbons. — I, Palaeontographica B, 99, S. 85-191, Stuttgart 1956; III, Palacont. B. 100, S. 65-121, 1956 b
- REINHARDT, P.: Sporae dispersae aus dem Rhät Thüringens. Mber. Dt. Akad. Wiss., 3, S. 704-711, Berlin 1961
- REISSINGER, A.: Die «Pollenanalyse», ausgedehnt auf alle Sedimentgesteine der geologischen Vergangenheit, I, Palaeontographica B, 84, S. 1-20, Stuttgart 1940; II, Palaeontographica B, 90, S. 99-126, Stuttgart 1950
- SCHULZ, E.: Sporenpaläontologische Untersuchungen zur Rhät-Lias-Grenze in Thüringen und der Altmark. Geologie 11, S. 308-319, Berlin 1962
- SIEROTIN, T.: Sporae dispersae im Rhät und Lias von Großbellhofen (Mittelfranken). — Diss. Freie Univ. Berlin 1961
- SOMMER, F.W.: South American Paleozoic sporomorphae without haplotypic structures. — Micropaleontology, 2, 2, S. 175-181, New York 1956

- STAPLIN, F.L.: Upper Mississippian plant spores from the Golata Formation, Alberta, Canada. — *Palaentographica* b, 107, S. 1-40, Stuttgart 1960
- STAPLIN, F.L. etc.: Palynological technique for sediment. *Micropaleontology* 6, 3, S. 329-331, New York 1960  
*Micropaleontology* 6, 3, S. 329-331, New York 1960
- THIERGART, F.: Der stratigraphische Wert mesozoischer Sporen und Pollen. — *Palaentographica* B, 89, S. 1-34, Stuttgart 1949
- THOMSON, P.W. & PFLUG, H.: Pollen und Sporen des mitteleuropäischen Tertiärs. — *Palaentographica* B, 94, S. 1-138, Stuttgart 1953
- THOMSON, P.W. & REIN, U.: Mikropaläontologische Untersuchungen eines Standardprofils der rheinischen Braunkohle in der Grube Liblar, Bz. Köln. — *Geol. Jb.*, 65, S. 107-111, Hannover 1949
- WEYLAND, H. & GREIFELD, G.: Über strukturbietende Blätter und pflanzliche Mikrofossilien aus den unteren Tonen der Gegend von Quedlinburg. — *Palaentographica* B, 95, S. 30-52, Stuttgart 1953
- WEYLAND, H. & KRIEGER, W.: Die Sporen und Pollen der Aachener Kreide und ihre Bedeutung für die Charakterisierung des mittleren Senons. — *Palaentographica* B, 95, S. 6-29, Stuttgart 1953
- WOODS, R.D.: Spores and Pollen — A new stratigraphic tool for the oil industry. — *Micropaleontology* 1, 4, S. 368-375, New York 1955

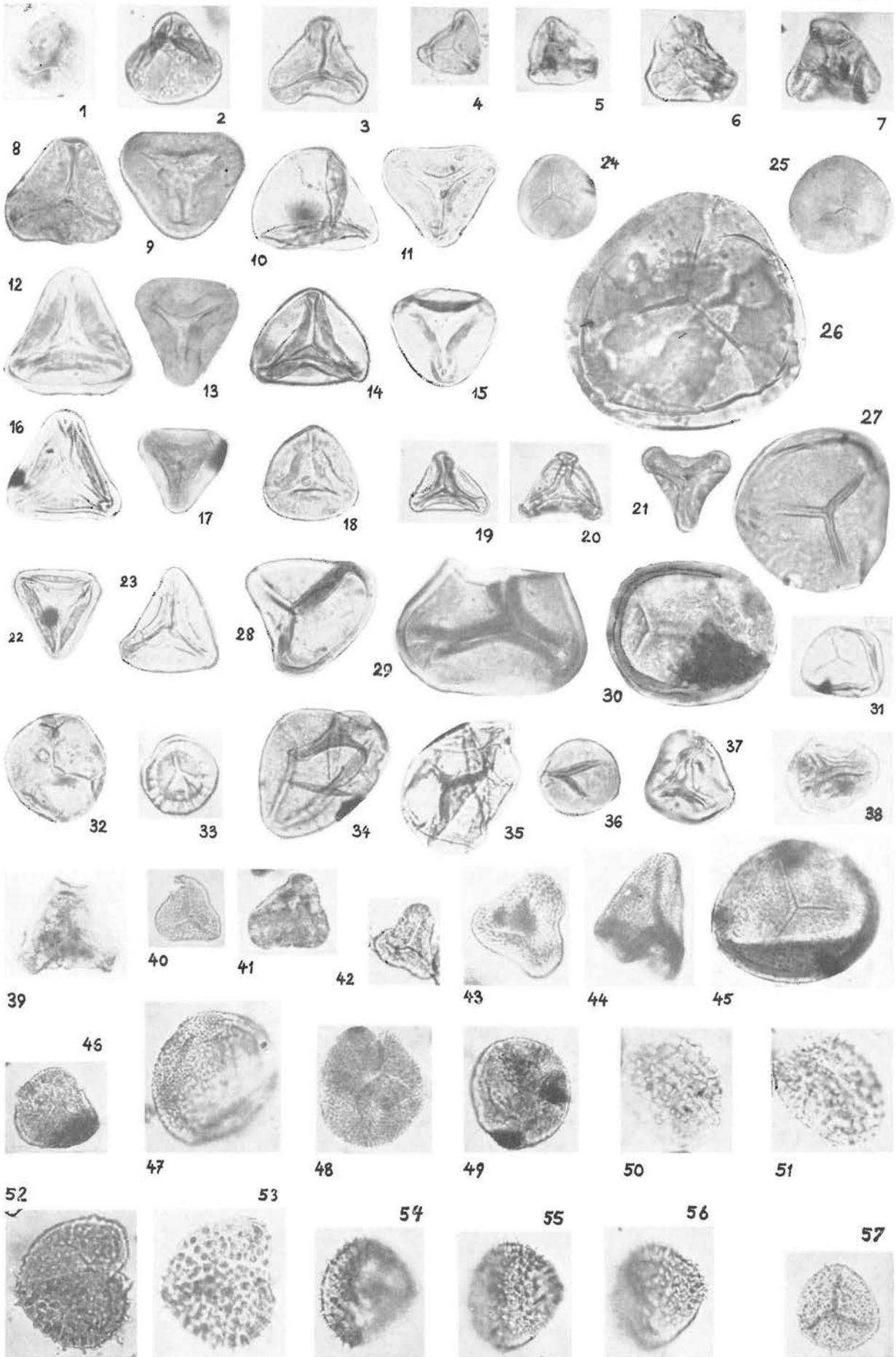
### T a f e l e r k l ä r u n g e n

Die Untersuchung der Präparate erfolgte mit dem Kohlenbetriebsmikroskop Ortholux der Fa. Leitz. Die Photographien wurden mit der zugehörigen Aufsatzkamera Orthomat hergestellt. Einstellungen auf dem Schaltgerät: 15° DIN, D/H 100%; Detailmessung. Film: Adox KB 14. Objektiv 54 mm Öl (T. 5, F. 25: 25 mm Luft). Vergrößerung: 500 x (T. 5, F. 25: 230 x, T. 4, F. 12 und T. 3, F. 14: 1000 x). Ein Maßstab befindet sich auf Tafel 6. Die Abbildungen sind nicht retuschiert. Die Kreuztischzahlen beziehen sich auf den Kreuztisch der Fa. Leitz Nr. III/1311. Dabei liegt das Etikett der Präparate, wenn nicht anders angegeben, rechts.

Die Präparate werden am Lehrstuhl für Feste Brennstoffe der T. H. Aachen aufbewahrt.

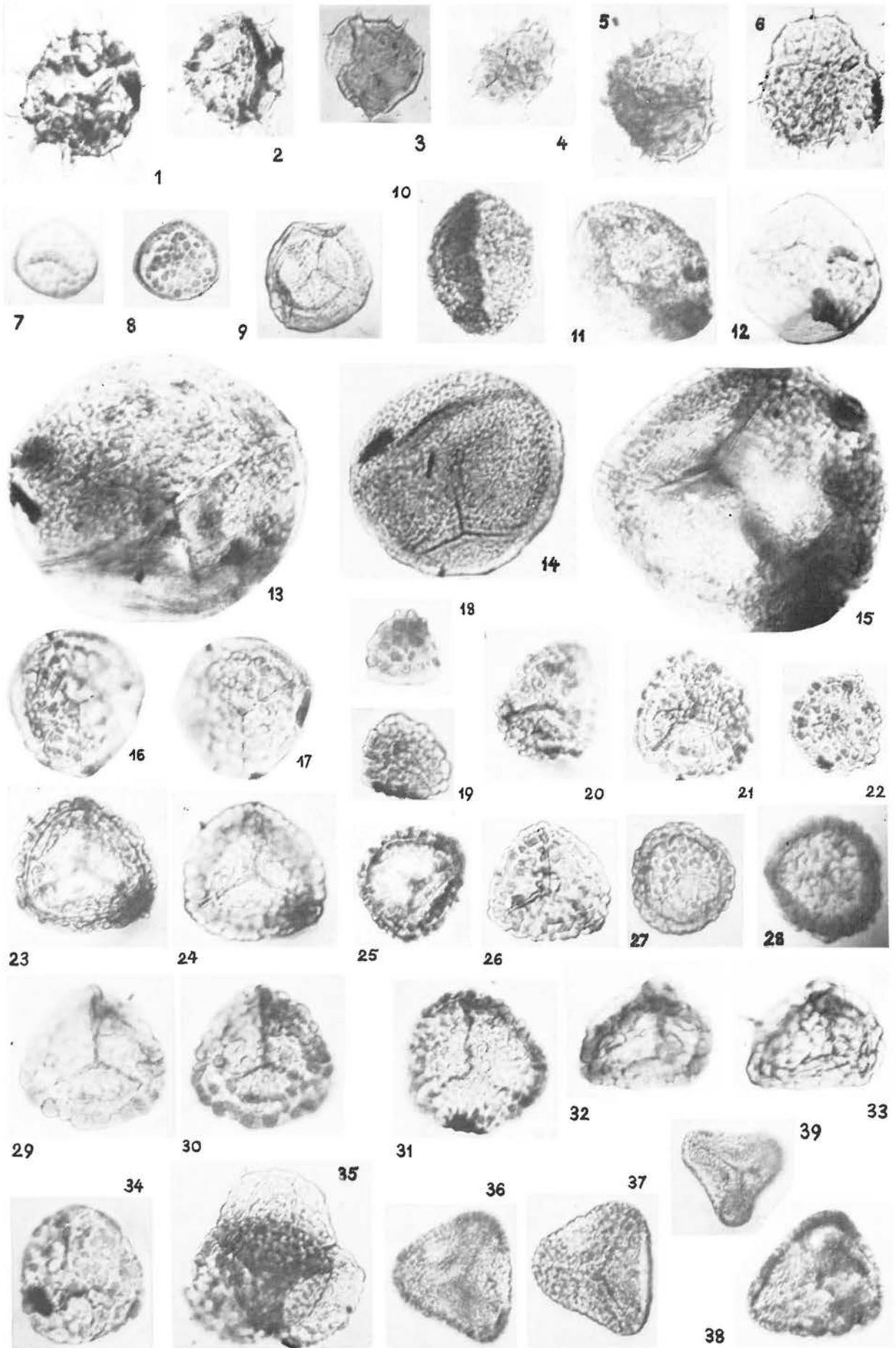
## Tafel 1

Figur		Präparat	KTZ.	Seite
1	<i>Deltoidisporites hallii</i>	d	19.0/123.0	148
2	<i>Deltoidisporites hallii gulaferus</i>	17a	5.1/120.0	148
3	<i>Delt. hallii auriculus</i>	7a, 2. Ox.	7.5./117.7	148
4	„ „ „	18b	14.2/123.8	148
5	„ „ „	1b	10.3/123.7	148
6	<i>Deltoidisporites hallii torus</i>	4d	6.7/122.0	148
7	<i>Delt. hallii obtusangulus</i>	14a	13.0/128.6	148
8	<i>Deltoidisporites neddeni regularis</i>	7a, 2. Ox.	1.7/125.5	148
9	„ „ „	16b	12.4/130.4	148
10	<i>Delt. neddeni gulaferus</i>	16b	11.8/124.0	149
11	<i>Delt. neddeni pseudotorus</i>	14b	12.3/128.5	149
12	<i>Concavisporites torus arugulatus</i>	18d	9.5/128.5	149
13	Intermediärform zw. <i>Conc. torus rugulatus</i> und <i>C. torus arugulatus</i>	19c	8.4/126.7	149
14	<i>Concavisporites torus rugulatus</i>	12c	3.0/119.6	149
15	„ „ „	18c	15.9/121.0	149
16	<i>Concavisporites torus acutus</i>	18c	15.3/119.3	150
17	<i>Conc. rugulatus discites</i>	13,1. Ox. a	16.0/116.8	149
18	„ „ „	18b	3.6/120.4	149
19	<i>Conc. rugulatus rugulatus</i>	11c	12.7/121.4	149
20	„ „	7a, 2. Ox.	7.5/112.7	149
21	„ „	19b	10.5/117.8	149
22	<i>Paraconcavisporites lunsensis</i>	15a	8.8/120.8	150
23	<i>Paraconcavisporites</i> sp.	14c	10.6/126.7	150
24	<i>Lygodiumporites adriennis minor</i>	15d	6.1/118.4	152
25	„ „ „	13,1 Ox. v. ZnC 12	12.0/115.7	152
26	<i>Lyg. adriennis pseudomaximus</i>	7a, 2. Ox.	6.0/121.0	152
27	<i>Punctatisporites</i> sp.	8Br b	16.0/129.8	152
28	? <i>Matonisporites turgidus</i>	5d	9.4/119.2	151
29	<i>Matonisporites turgidus</i>	2Br e	15.8/123.3	151
30	<i>Todisporites maior</i>	3a	5.4/122.1	153
31	<i>Todisporites minor</i>	19c	13.9/123.7	153
32	<i>Retusotriletes mesozoicus</i>	22a	12.0/118.8	154
33	<i>Dissectisporites laevigatus</i>	131	17.9/118.2	154
34	<i>Calamospora nathorstii</i>	12c	8.8/114.1	153
35	„ „	22a	16.9/123.4	153
36	<i>Laevigate Spore inc. sed.</i>	17a	4.8/122.8	154
37	„ „	4d	8.1/122.6	154
38	„ „	3f	1.7/130.4	154
39	<i>Ahrensisporites</i> sp.	7b	10.0/126.5	151
40	<i>Granulatisporites microgranifer</i>	8Br b	1.8/127.8	155
41	„ „ „	8b, 2. Ox.	4.9/112.3	155
42	<i>Granulatisporites piroformis</i>	20b	3.3/117.3	155
43	„ „ „	21a	7.8/127.3	155
44	„ „ „	2Br e	3.7/128.1	155
45	<i>Cyclogranisporites</i> sp.	5d, 2. Ox.	4.3/126.1	155
46	<i>Osmundiacidites welmani</i>	5d, 2. Ox.	9.6/133.1	155
47	„ „ „	16a	13.2/122.2	155
48	„ „ „	21a	6.8/124.4	155
49	„ „ „	2d	16.0/122.3	155
50, 51	<i>Apiculatisporis liassicus</i>	19a	6.6/131.0	156
52, 53	„ „ „	2Br b	2.2/122.9	156
54-56	„ „ „	12b	10.1/120.7	156



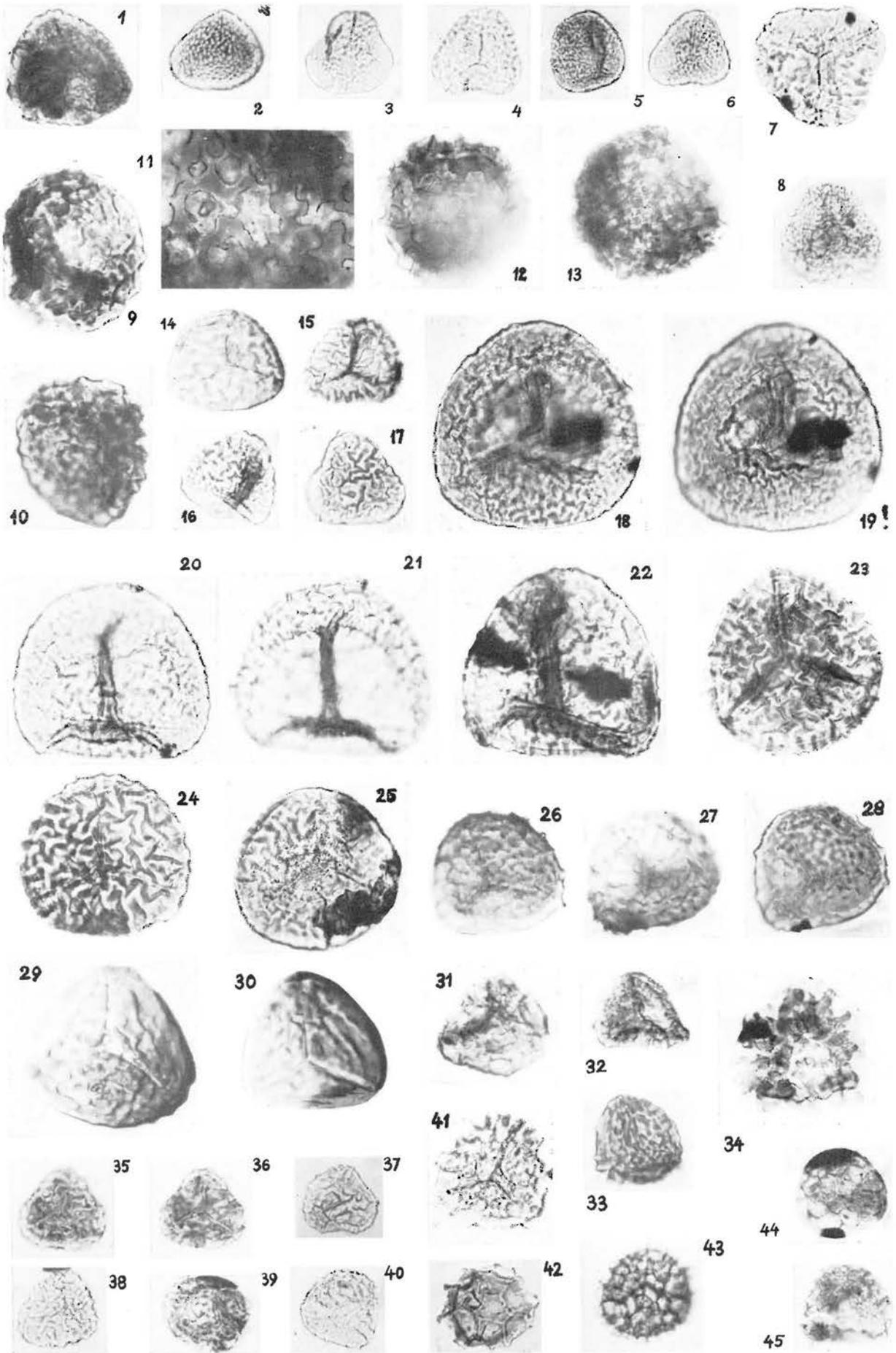
## Tafel 2

Figur		Präparat	KTZ.	Seite
1	Raistrickia sp. A	20a	10.0/128.7	157
2	Raistrickia neozealandica	15b	9.4/120.4	157
3	„ „ „	8Br c	8.5/126.2	157
4	Raistrickia sp. B	7a, 2. Ox.	18.4/124.8	157
5	cf. Acanthotriletes „	21a	2.3/123.0	157
6	„ „ „	19a	13.5/118.3	157
7,8	Verrucose Spore inc. sed. sp. A	13q	3.7/120.8	159
9	Verrucose Spore inc. sed. sp. B	2Br a	5.9/123.8	169
10	Verrucosporites morulae	6Br c	15.8/125.8	158
11	„ „ „	12c	9.7/114.6	158
12	Pustulatisporites sp.	18b	7.6/121.3	158
13	Verrucosporites triseccatus	6a, 2. Ox.	9.4/109.0	158
14	„ „ „	2Br e	8.7/126.2	158
15	„ „ „	18d	9.2/127.8	158
16, 17	Verrucose Spore inc. sed. sp. C	13l	8.1/119.6	160
18	Verrucose Spore inc. sed. sp. D	3a	4.6/125.6	160
19	Uvaesporites glomeratus	2Br e	8.9/119.7	159
20	„ „ „	18d	8.4/128.7	159
21	„ „ „	22a	10.6/124.1	159
22	„ „ „	16b	14.8/126.9	159
23, 24	Uvaesporites lobatoverrucosus	14a	2.8/117.1	159
25	„ „ „	15b	8.7/117.3	159
26	„ „ „	16c	13.1/126.2	159
27	„ „ „	2Br e	3.8/128.0	159
28	„ „ „	2Br f	10.5/130.0	159
29,30	„ „ „	18d	5.3/125.8	159
31	„ „ „	18b	7.3/120.5	159
32,33	„ „ „	7a, 2. Ox.	3.9/115.0	159
34	„ „ „	7a, 2. Ox.	19.7/117.4	159
35	„ „ „	14a	7.3/125.2	159
36,37	Trilitisporites curvatoverrucosus	8Br c	9.1/118.4	161
38	„ „ „	8b, 2. Ox.	13.7/125.3	161
39	Trilitisporites microverrucosus	15d	12.8/128.6	161



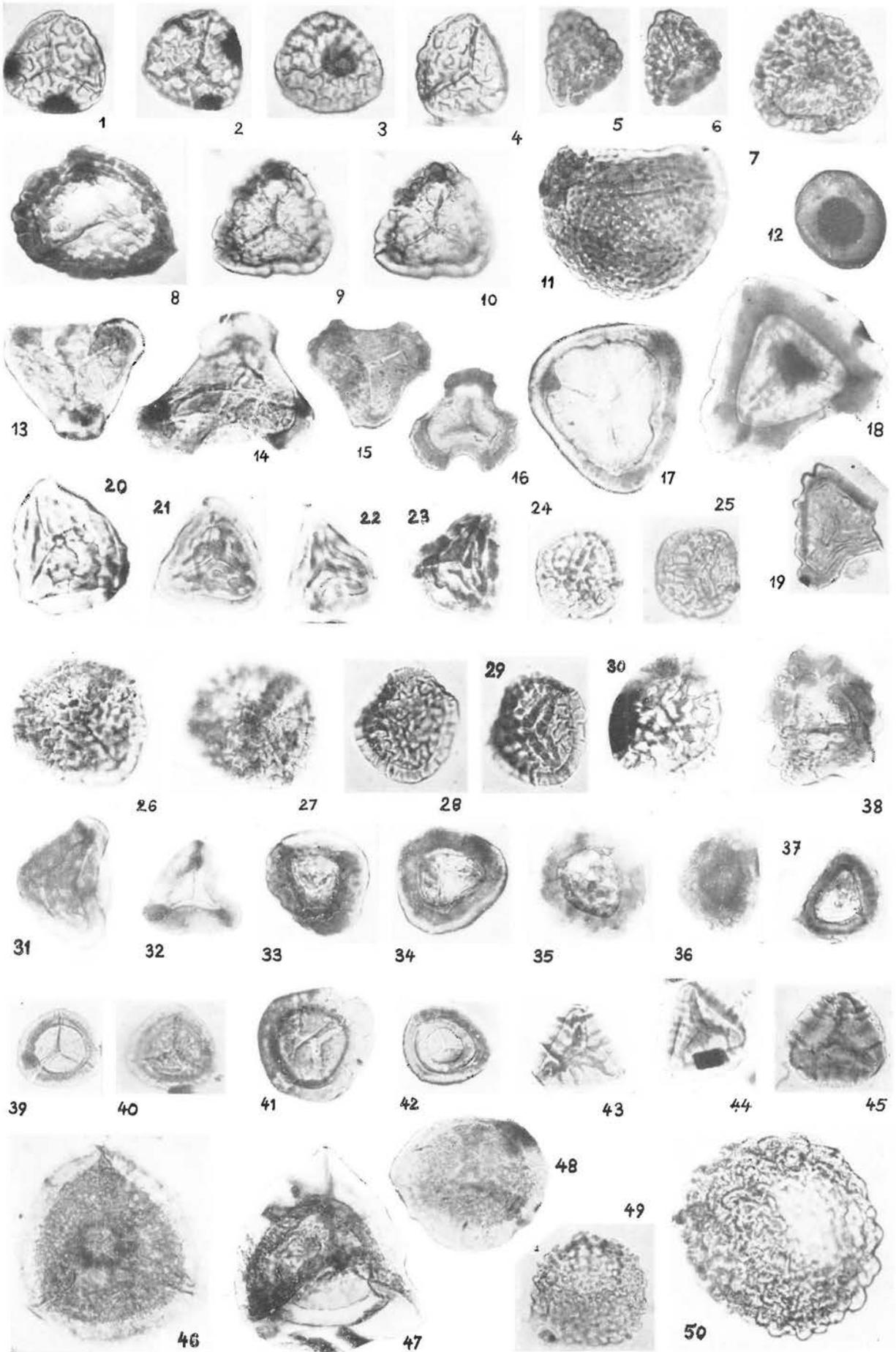
## Tafel 3

Figur		Präparat	KTZ.	Seite
1	<i>Trilitisporites pseudoreticulatus</i>	8b	11.4/116.6	160
2	„ „ „	6Br d	14.8/128.9	160
3	<i>Rugulatisporites tenuis</i>	11c	6.1/108.9	161
4	„ „	18b	14.0/122.7	161
5	<i>Rugulatisporites clarus</i>	12c	12.3/120.2	162
6	„ „	17a	13.3/126.9	162
7	<i>Tigrisporites halleinsis</i>	19c	8.5/124.3	162
9	<i>Convolutispora tumulosa</i>	2Br c	16.3/120.6	163
10	„ „	21a	2.8/126.4	163
11-13	„ „	4a	12.0/116.2	163
14	<i>Convolutispora</i> sp.	18b	14.7/132.3	163
15	<i>Hamulatisporites semimuris</i>	17a	3.8/118.3	164
16	„ „ „	12c	14.2/119.3	164
17	„ „ „	16b	13.0/131.2	164
18,19	<i>Hamulatisporites grandis</i>	18b	6.8/123.1	164
20,21	„ „ „	15c	3.2/122.8	164
22	„ „ „	18c	2.4/128.5	164
23	<i>Hamulatisporites kuepperi</i>	12,3. Ox. b	6.4/133.5	163
24	„ „ „	13a	4.8/119.2	163
25	<i>Hamulatisporites</i> cf. <i>kuepperi</i>	12,2. Ox. g	6.0/127.0	164
26-28	<i>Lygodioisporites</i> ? sp.	8Br a	2.3/124.5	165
29	<i>Lygodioisporites</i> ? <i>tuberosus</i>	17c	3.6/114.6	165
30	„ „ „	6Br c	10.7/116.9	165
31	<i>Lygodioisporites liassicus</i>	2d	18.0/123.7	165
32	„ „	7b	7.5/114.0	165
33	<i>Corrugatisporites</i> sp.	2Br e	11.5/124.2	166
34	<i>Cristatisporites</i> cf. <i>splendidus</i>	18d	17.1/122.5	166
35,36	<i>Campotriletes triangularis</i>	1b	17.5/108.5	167
37	„ „ „	2Br f	8.9/125.6	167
38	„ „ „	19c	9.7/117.6	167
39	<i>Campotriletes circularis</i>	4a	18.1/123.9	167
40	„ „ „	15d	7.3/116.3	167
41	<i>Lycopodiumsporites austroclavuloides</i>	22a	10.1/118.4	168
42	„ „ „	11c	15.7/114.4	168
43	„ „ „	13a	4.7/120.0	168
44	<i>Dictyotriletes bireticulatus</i>	4a	15.6/122.8	168
45	„ „ „	3a	3.2/116.5	168



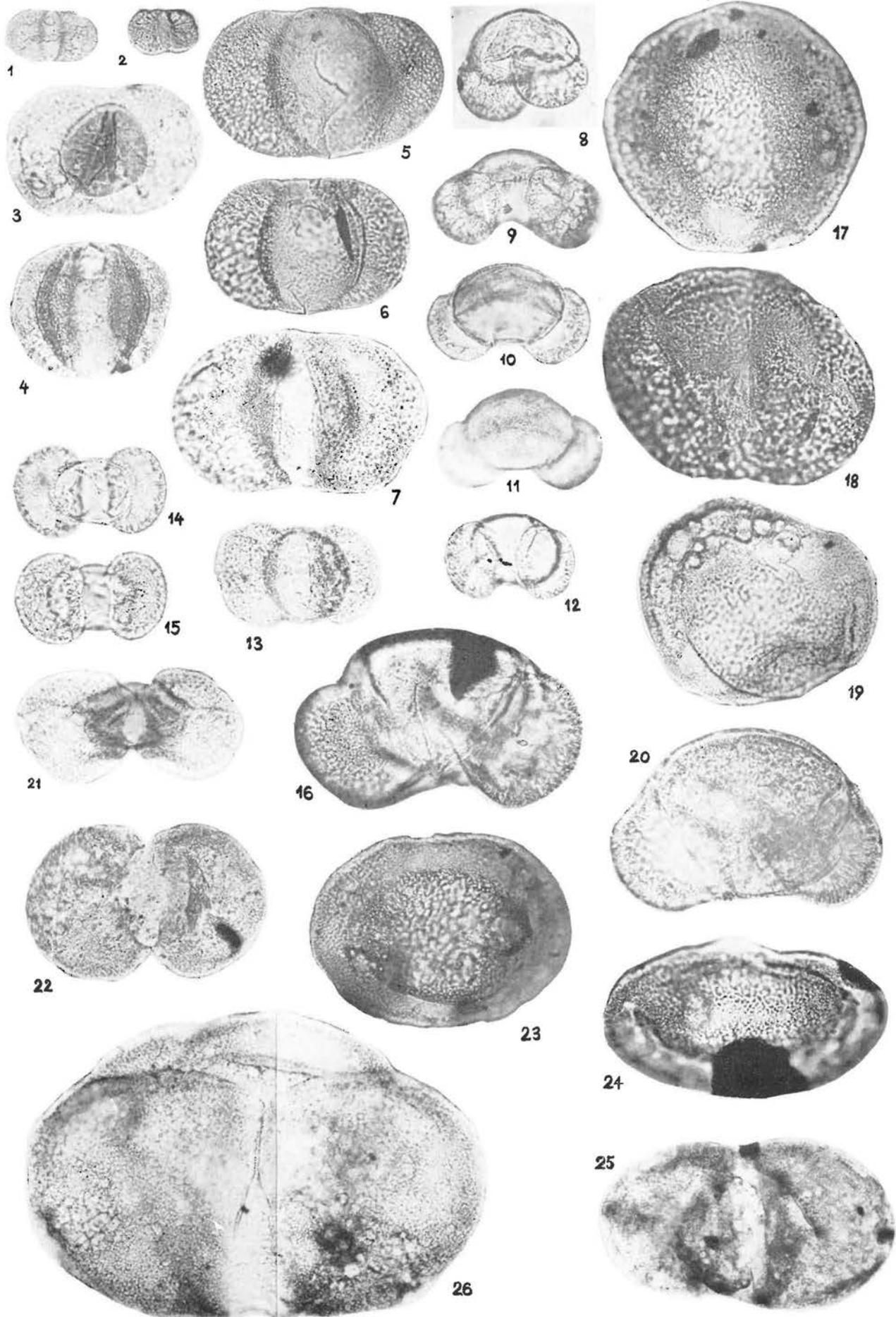
## Tafel 4

Figur		Präparat	KTZ.	Seite
1,2	<i>Dictyotriletes crassimuris</i>	18b	17.0/117.3	168
3	„ „ „	16b	12.6/127.0	168
4	„ „ „	17a	3.8/118.3	168
5,6	<i>Ischyosporites mesoasolidus</i>	2Br f	13.0/125.8	169
7	„ „ „	17a	11.6/124.7	169
8	„ „ „	17e	13.8/102.9	169
9,10	„ „ „	18b	3.9/129.7	169
11	<i>Foveasporis</i> sp.	5d, 2. Ox.	9.9/130.8	169
12	<i>Distalanulisporites punctus</i>	5b	2.8/117.3	170
13	<i>Triquitrites tribullatus</i>	20c	12.8/129.2	170
14	<i>Triquitrites triturgidus</i>	4a	7.5/114.9	170
15	<i>Triquitrites arculatus</i>	2Br e	16.2/121.0	170
16	<i>Tripartites</i> cf. <i>trilinguis</i>	13x	1.2/118.9	171
17	<i>Simonozonotriletes</i> sp. A	19c	10.4/127.1	173
18	Sim. sp. B	2Br f	6.8/122.2	173
19	Sim. sp. C	2Br e	4.9/125.8	174
20	<i>Crassitudisporites problematicus</i>	20a	7.5/127.5	171
21	„ „ „	2Br e	15.0/119.9	171
22	„ „ „	18b	8.2/121.7	171
23	„ „ „	20b	4.0/120.0	171
24,25	<i>Verrucingulisporites iurensis</i>	13q	9.0/129.3	173
26,27	„ „ „	12,2.Ox., d	19.3/125.8	173
28,29	„ „ „	11c	1.8/114.3	173
30	„ „ „	18c	9.3/122.8	173
31	<i>Cingulatisporites</i> cf. <i>conduplicatus</i>	1b	10.1/114.5	172
32	<i>Densosporites</i> cf. <i>triangularis</i>	18d	14.5/125.3	175
33	<i>Densosporites sphaerotriangularis</i>	21a	4.6/130.4	174
34	„ „ „	2c	3.2/120.7	174
35	„ „ „	5b	5.5/114.3	174
36	<i>Densosporites</i> cf. <i>faunus</i>	1b	16.8/108.0	175
37	<i>Densosporites loricated</i>	5d	12.5/117.2	175
38	<i>Densosporites</i> sp.	18d	14.9/130.2	175
39	<i>Lycospora</i> cf. <i>punctata</i>	21a	4.3/128.2	174
40	<i>Lycospora</i> sp.	6Br c	10.9/130.6	174
41	Cingulate Spore	13g	11.8/121.3	175
42	<i>Mediasulcisporites mesozoicus</i>	16c	3.4/120.6	176
43	<i>Zebbrasporites interscriptus labiatus</i>	13g	11.7/121.0	177
44	<i>Zebbrasporites interscriptus interscr.</i>	17d	15.6/113.0	176
45	„ „ „	12c	11.8/123.9	176
46	<i>Cirratiradites saturni</i>	2Br f	4.9/129.4	177
47	<i>Cirratiradites rarus</i>	6a, 2. Ox.	7.2/121.5	177
48	<i>Tsugaepollenites dampieri</i>	6a, 2. Ox.	2.7/125.6	178
49	<i>Tsugaepollenites mesozoicus</i>	15b	9.6/128.8	178
50	„ „ „	12b	7.6/128.8	178



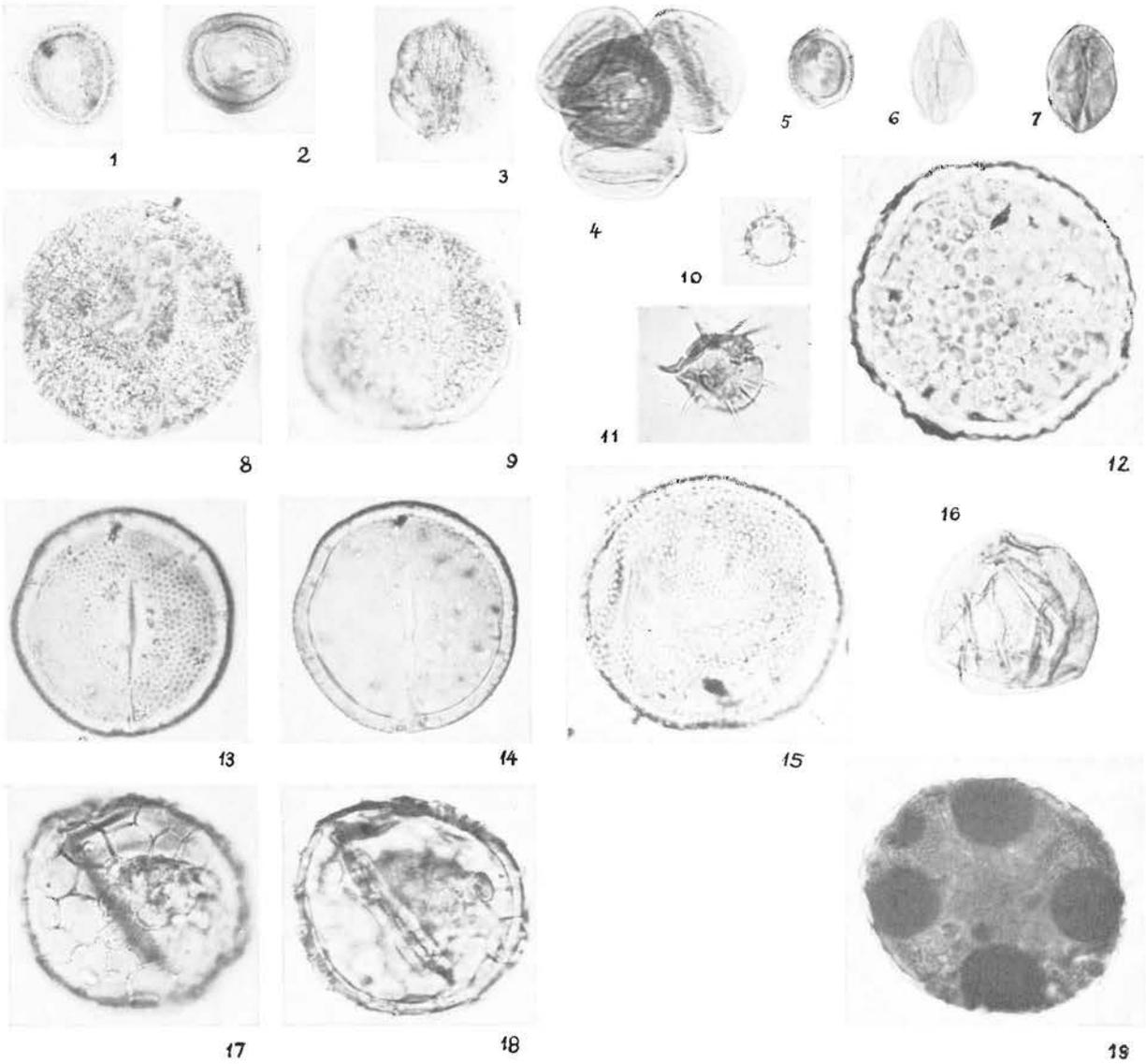
## Tafel 5

Figur		Präparat	KTZ.	Seite
1	<i>Vitreisporites signatus</i>	15d	15.7/120.0	178
2	„ „	12c	3.8/116.1	178
3	<i>Vesicaspora</i> sp.	12c	17.5/117.6	178
4	<i>Abietinaepollenites microalatus</i>	131	17.8/111.9	180
5	„ „ „	12.3. Ox. d	14.4/116.6	180
6	„ „ „	12c	11.3/119.5	180
7	„ „ „	18c	7.5/127.3	180
8	<i>Pinuspollenites labdacus minor</i>	13g	9.5/119.3	180
9-11	„ „ „	131	8.6/121.3	180
12	„ „ „	131	9.8/127.9	180
13	„ „ „	15b	12.3/123.4	180
14,15	„ „ „	14b	5.2/130.8	180
16	<i>Pinuspollenites labdacus maximus</i>	11c	13.4/115.5	180
17	<i>Alisporites opii</i>	15b	8.2/118.6	179
18	„	11c	4.0/122.9	179
19	<i>Abiespollenites absolutus</i>	15a	13.2/128.4	180
20	<i>Piceapollenites alatus</i>	131	10.4/119.7	181
21	<i>Platysaccus papilionis</i>	15c	6.7/131.3	181
22	„	18b	12.5/126.4	181
23	<i>Bissacate Pollen inc. sed.</i>	15d	17.8/119.0	181
24	„	11c	12.0/116.7	181
25	Pollen vom <i>Picea</i> -Typ	16c	2.0/119.1	181
26	„	15c	9.4/124.1	181

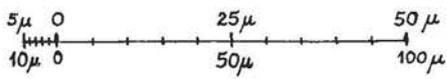


## Tafel 6

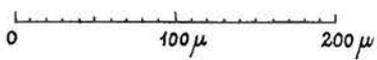
Figur		Präparat	KTZ.	Seite
1	<i>Classopollenites classoides</i>	18c	15.9/116.9	183
2	„ „ „	1a	4.9/120.0	183
3	„ „ „	1b	11.4/129.4	183
4	Tetrade	17d	3.6/129.5	183
5	<i>Classopollenites minor</i>	1b	5.8/125.5	183
6	<i>Ginkgocycadophytus caperatus</i>	15a	18.6/124.8	182
7	„ „ „	15b	10.7/118.6	182
8	<i>Araucariacites australis</i>	11c	2.0/132.7	182
9	„ „	13l	0.5/130.3	182
10	<i>Hystrichosphaeridea</i>	15b	7.9/118.4	183
11	„ „	7a, 2. Ox.	1.9/121.7	183
12	cf. <i>Tasmanites</i> sp. B	19a	15.2/128.1	184
13,14	cf. <i>Tasm.</i> sp. A	15d	16.8/116.0	183
15	„ „	19c	15.4/126.8	183
16	cf. <i>Tasmanites</i> sp. D	17d	9.8/126.0	184
17,18	cf. <i>Tasmanites</i> sp. C	17c	14.1/106.2	184
19	Inc. sed.	2Br e	14.5/128.8	184



MASSTAB



Vergrößerung 1000 X  
500 X



Vergrößerung 230 X



# Umgelagerte Karbonsporen aus den Rät-Lias-Schichten SE-Luxemburgs

---

mit 2 Abbildungen und 1 Tafel

VON  
H. W. HAGEMANN\*  
AACHEN

---

\*) Anschrift des Verfassers: Dr.-Ing. H. W. HAGEMANN, Lehrstuhl für Geologie der festen Brennstoffe, Rhein.-Westf.-Technische Hochschule Aachen, 51 AACHEN, Birkenweg 4.



## Zusammenfassung

Aus 12 Einzelproben SE-Luxemburgs, die einen stratigraphischen Bereich vom Unteren Rät bis ins Sinémurien umfassen, werden umgelagerte Sporen nachgewiesen. Mit Sicherheit lassen sich 8 Mikrosporen und 1 Megaspore morphographisch als typische karbonische Formarten identifizieren. — Eine für tonige Sedimente geeignete Methode zur Anreicherung von Sporen wird beschrieben.

## Résumé

Dans 12 échantillons isolés qui proviennent du SE du Grand-Duché de Luxembourg et qui couvrent un espace stratigraphique du Rhétien au Sinémurien, on a trouvé des spores remaniés identifiables avec différents genres du Carbonifère. On décrit une méthode d'enrichissement de spores pour des sédiments argileux.



## Einführung:

Im Rahmen der petrographischen, geochemischen und paläozoologischen Auswertung der Rät-Lias-Schichten in Luxemburg (MULLER, 1964, 1965 u. 1967) wurde seit einigen Jahren auch damit begonnen, den Sporenhalt dieser Schichten aufzunehmen. Im Vordergrund stand die Aufgabe nach einer Möglichkeit für die Gliederung dieser Sedimente zu suchen. Da mit Hilfe der z.T. sehr spärlichen Fauna bisher nur eine grobe Gliederung möglich war, bot sich die sporenstratigraphische Bearbeitung als zusätzliche Möglichkeit zur feineren Untergliederung geradezu an. Bisher sind neben der Arbeit von KRAMP (1965, Geol. Dipl.-Arbeit TH Aachen, unveröff.), die u.a. einen ersten Überblick über die Rät-Sporenflora gibt, die mikrofloristische Bearbeitung der Bohrung Contern FG 11 (Unterer Lias) von HILTMANN (1967) zu nennen. Diese beide Untersuchungen haben gezeigt, daß die tonigen bzw. mergeligen Sedimente des Rät und Lias in Luxemburg im allg. eine für die sporenpaläontologische Auswertung genügend reichhaltige Mikroflora enthalten. Wenn sich auch aus dem bisher bearbeiteten Profilen keine allgemeinen Schlüsse ziehen lassen, berechtigen sie immerhin die Annahme, daß bestimmte Schichtglieder des Rät und Lias in Luxemburg sich voneinander abgrenzen lassen. Bestimmte Sporen des Rät scheinen relativ kurzlebig gewesen zu sein, und in den Unteren Lias-Schichten treten innerhalb einer Vergesellschaftung markante Häufigkeitsschwankungen auf. Bei dem Versuch einer feinstratigraphischen Zuordnung des untersuchten Profils mit Hilfe der Mikroflora müssen im Augenblick natürlich noch gewisse Unsicherheiten mit eingeschlossen werden. Die vorhandenen Unterschiede in der quantitativen Zusammensetzung zweier Proben beispielsweise können allein durch fazielle Faktoren bedingt sein. Erst wenn weitere, möglichst dicht aufeinander folgende Profilerien sporologisch bearbeitet sind, lassen sich aus der quantitativen Zusammensetzung der Mikroflora sowie der stratigraphischen Verbreitung ihrer einzelnen Komponenten durch Vergleich mit stratigraphisch gesicherten Profilen eindeutige Aussagen über das Alter der Flora machen.

Während der sporenpaläontologischen Bearbeitung dieser Rät-Lias-Schichten fiel das Auftreten von sekundär aufbereiteten Sporen aus inkohlten Ablagerungen des Karbons auf. In einer Probe aus dem Aufschluß Elvingen (Sinemurien, li 3) erreicht ihr Anteil sogar ca. 14%, während er im Durchschnitt der untersuchten Proben weniger als 1% beträgt. In der vorliegenden Arbeit soll über diesen Befund kurz berichtet werden.

### Das Probematerial und seine Aufbereitung.

Die untersuchten Proben wurden an der Straße von Remich nach Mondorf (Top. K. 1:25 000, Blatt Remich 7-8) im äußersten SE Luxemburgs entnommen\*). Sie umfassen einen stratigraphischen Bereich, der sich von den schwarzen Tonen des Unteren Rät, über die roten Tone und Mergel von Levallois des Oberen Rät bis zu den grauen Mergeln des Unteren Lias

\*) Dipl. Geol. F.E. MEISER u. Dipl.-Geol. Dr. A. MULLER sei für die Probenahme an dieser Stelle herzlich gedankt.

erstreckt. Eine Beschreibung und stratigraphische Deutung der Aufschlüsse hat MULLER (1964, 1965) gegeben. Insgesamt wurden 12 Proben auf ihre Sporenführung untersucht.

Die Aufbereitung der Proben erfolgte anfangs nach dem für tonige Sedimente u.a. von ALPERN (1963) beschriebenen Verfahren. Das vorsichtig zerkleinerte Probenmaterial wurde mit den klassischen chemischen Reagenzien Br, HCl, HF, HNO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, KOH behandelt, wobei eine Anreicherung der Sporen durch hochtouriges Zentrifugieren mit ZnCl<sub>2</sub> als Schwereflüssigkeit ( $d = 1.9$ ) vorgenommen wurde. Die Anwendung dieser Aufbereitungsmethode erbrachte jedoch bei der Mehrzahl der Proben nur wenig befriedigende Ergebnisse. Schwierigkeiten traten dadurch auf, daß in den Proben neben nicht oder nur sehr gering inkohlten Sporen ein relativ hoher Anteil an stark inkohlten, bei Durchlicht-Beobachtung opak erscheinenden Sporen vorkommen, die auf diese Methode unterschiedlich reagieren. Die letzteren ließen sich selbst bei 2-4stündiger Behandlung mit konzentrierter Salpetersäure nur unvollständig aufhellen. Da zudem die als Schwereflüssigkeit benutzte wässrige Lösung von ZnCl<sub>2</sub> selbst wie eine starke Säure wirkt, bestand die Gefahr, daß die gering inkohlten Sporen bereits während der Schwere-trennung zerstört wurden. Um dies zu vermeiden, wurde zur Trennung von organischer und anorganischer Substanz eine modifizierte Thouletsche Lösung (HALLIK, 1957) benutzt. Diese wäßrige Lösung des Komplexsalzes K<sub>2</sub>CdJ<sub>4</sub> hat den Vorteil, daß es neutral reagiert. Ein spezifisches Gewicht von 1,9 läßt sich ohne Schwierigkeiten erreichen.

Weitere Schwierigkeiten ergaben sich dadurch, daß es in stark tonreichen Proben häufig nicht möglich ist, die Sporen von den ihnen anhaftenden Tonteilchen vollständig zu befreien. Es kam während der Schweretrennung immer wieder zur Flockung der Tonteilchen. (siehe Abb. 1).

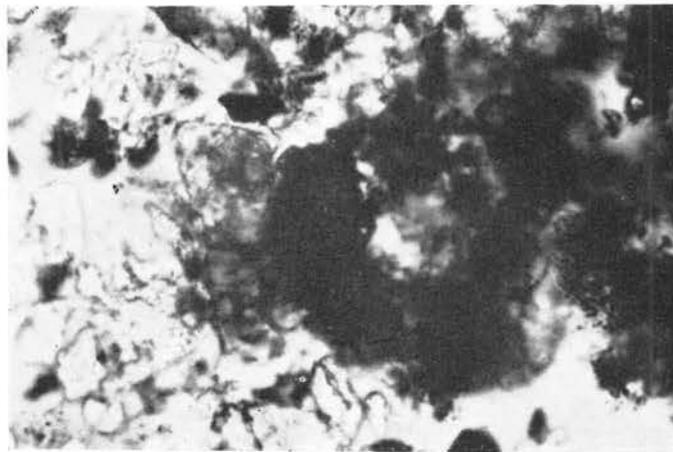


Abb. 1: Durchlichtaufnahme einer Probe ohne Ultraschallaufbereitung, Vergr. ca. 500fach.

Dies erschwerte natürlich einmal die morphographische Beschreibung der Sporen. Zum anderen erhöhten die den Sporen anhaftenden Tonteilchen deren Wichte. Eine Durchsicht des abgesetzten Sinkgutes zeigte, daß so während der Schweretrennung viele Sporen verloren gehen, wodurch das Sporenspektrum erheblich verzerrt werden kann.

Es lag daher nahe, die aufgeschlammten Proben vor der Schweretrennung mit Ultraschall zu behandeln, erstens um die Sporen von anhaftenden Verunreinigungen zu befreien und

zweitens um die Tonteilchen zu dispergieren. Dazu wurden mehrere Versuchsreihen mit Flächenschwingern unterschiedlicher Frequenz und Amplitude im Laboratorium für Ultraschall der TH Aachen durchgeführt\*). Als Übertragungs- und Dispergierungsflüssigkeit kam - einer Anregung von MATTIAT (1962) folgend - eine 0,04 n Natriumpyrophosphatlösung zur Anwendung.

Die Wirkungsweise des Ultraschalls in wäßrigen Übertragungsmedien geht nach MATTIAT (1964) indirekt über die sog. Kaviation. Es treten kleine und kleinste Hochvakuumbläschen auf, bei deren Zerfall starke Kräfte frei werden. Dadurch wird den dispergierend wirkenden Na-Ionen mechanisch der Weg an die Tonmineraloberflächen gebahnt, wo sie die Plätze negativer Überschußladungen einnehmen können. Hierbei kommt es zu einer abschirmenden Wirkung.

Im einzelnen wurde 5 g Substanz in 250 ml 0,04 n Natriumpyrophosphatlösung aufgeschlämmt, und vor der eigentlichen Beschallung für 10 Std. «eingeweicht». In mehreren Versuchsreihen wurden die Frequenzen (20 bzw. 800 kHz), die Intensitäten und die Dauer der Beschallung (1—6 min) variiert.

Als Ergebnis dieser Versuche lassen sich im wesentlichen folgende besondere Eigenschaften des beschallten Materials feststellen:

- a) Die Sporen sind von anhaftenden Tonverunreinigungen vollkommen befreit, so daß ihre Skulptur und Struktur einwandfrei sichtbar sind, und
- b) die Beschallung unterstützt die dispergierende Wirkung der Natriumpyrophosphatlösung, so daß während der Schwereretrennung eine Flockung der Tonteilchen nicht mehr auftritt. (siehe Abb. 2).

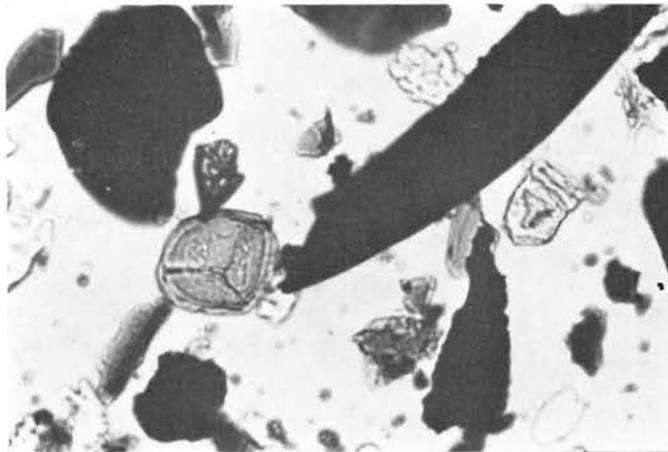


Abb. 2: Durchlichtaufnahme der gleichen Probe wie Abb. 1, hier nach Ultraschallaufbereitung, Vergr. ca. 500fach.

Nach den bisherigen Erfahrungen hat sich eine Frequenz von 800 kHz und eine mittlere Intensitätsstufe als günstig erwiesen, wobei die Beschallungsdauer je nach Erhaltungszustand der Sporen innerhalb einer Probe zwischen 1 u. 5 min variiert werden kann.

\*) Besonders danken möchte ich Herrn Dipl.-Ing. H. Griebhammer für sein Interesse und seine Hilfe bei meiner speziellen Fragestellung.

Es bleibt noch zu erwähnen, daß auch die Anwendung von Ultraschall während der Oxydation gute Resultate bringt, wie es bereits ALPERN (1953) beschrieben hat. Offensichtlich wird durch die Ultraschallbehandlung die Oberfläche der Sporenexinen mechanisch aufgelockert, so daß die Salpetersäure wirksamer angreifen kann. So ließen die bereits oben erwähnten, stark inkohlten Sporen aus der Probe Elvingen nur durch die Kombination beider Methoden aufhellen und in gutem Erhaltungszustand herausmazerieren.

#### Beschreibung der umgelagerten Karbonsporen.

Geht man bei der Erörterung dieses Problems von der Beobachtung aus, daß die Sporenexine sich selbst nach Behandlung mit starken Säuren und Laugen während der Mazeration noch in gutem Erhaltungszustand aus dem Gestein herauslösen lassen, so scheint das Auftreten von «fossilen», umgelagerten Sporen in jüngeren Sedimenten auf Grund ihrer sehr widerstandsfähigen Exine durchaus möglich zu sein. Als einer der ersten wies IVERSEN (1936) in spätglazialen Ablagerungen Dänemarks umgelagerte Pollen aus benachbarten tertiären Sedimenten sicher nach. Ihr Auftreten kann variieren von wenigen Arten mit geringen Anteilen bis zum dominanten Auftreten und Unterdrücken der bodenständigen Flora. Hier wird deutlich, daß Aussagen über die Vegetationsgeschichte der Ablagerungen fehlschlagen müssen, wenn es nicht gelingt, die umgelagerten, sekundären Pollen von den autochthonen zu unterscheiden. Es ist bekannt, daß sich viele tertiäre Pollen und Sporen morphographisch nicht von rezenten unterscheiden lassen. Auf eine Unterscheidungsmöglichkeit haben J. MULLER (1959) und STANLEY (1965) am Beispiel der pleistozänen und rezenten Sedimente des Orinoco-Deltas bzw. der amerikanischen Ostküste hingewiesen. Sie wandten die spezifische Aufnahmefähigkeit der Pollen und Sporen für den Farbstoff Safranin als Unterscheidungsmerkmal an. Neuerdings versucht man das gleiche Problem durch Messung der relativen Fluoreszenzfarben von Pollen- und Sporenexinen mit Hilfe des Berek-Mikroskop-Photometer (v. GYZEL, 1966 u. 1967) zu lösen. Es zeigte sich, daß nicht nur rezente, sondern auch fossile, nicht inkohlte Pollen- und Sporenarten eine spezifische Eigenfluoreszenz besitzen. Die Fluoreszenz der umgelagerten sekundären Sporen und Pollen zeigt niedrigere Intensitäten und mehr rote bis bräunliche Farben im Vergleich zu denen der autochthonen jüngeren Vegetation.

Die Möglichkeiten paläozoische Sporen von jurassischen und jüngeren Sporen zu unterscheiden, sind wesentlich günstiger. DIJKSTRA (1949, 1950) konnte mehrere Megasporenarten, die aus Schichten der Oberkreide in Südlimburg (Holland) bzw. aus tertiären und quartären Ablagerungen SE-Englands herausmazeriert wurden, auf Grund ihrer morphographischen Struktur und Textur eindeutig als ins Karbon, vermutlich Westfal B oder C, gehörende Formen identifizieren. In ähnlicher Weise wies COOKSON (1955) *Nuskoisporites cf. dulhuntyi* POTONIE & KLAUS (1954), *Lueckisporites amplus* und *L. multistriatus* BALME & HENELLY (1955) in Sedimenten der Oberkreide und des Alttertiär Australiens nach. Hierbei handelt es sich um Mikrosporenarten, deren stratigraphische Verbreitung vom Perm bis evtl. zur Unteren Trias reicht.

Es kann festgehalten werden, daß nur solche paläozoischen Sporen sich leicht von Formarten aus jüngeren Ablagerungen unterscheiden lassen, die eine nur für ihren stratigraphischen Bereich typische Merkmalskombination besitzen. Derartig ausgebildete Sporen mit einer für die karbonische Mikroflora charakteristischen Struktur und Skulptur der Exine kommen in der Probe Elvingen vor. Dies wird hier als das stärkste Argument für den Beweis angesehen, daß aufbereitetes karbonisches Material sekundär in den Rät-Lias-Schichten SE-Luxemburgs abgelagert

wurde. Als weiterer Beweis wird das gleichzeitige Auftreten von Sporen sehr unterschiedlichen Inkohlungsgrades innerhalb einer Probe angesehen. Lediglich als Anhaltspunkt für den Grad des Unterschiedes sollen die folgenden Werte für das Reflexionsvermögen der Sporen aus der Probe Elvingen dienen. Die Messung wurde an Anschliffen des durch die Mazeration noch nicht chemisch veränderten Schwimmgutes vorgenommen. Das Reflexionsvermögen (Öl, 525 nm) der gering inkohlten und bei Durchlichtbeobachtung in ihren natürlichen Farben erscheinenden Sporen erreicht kaum meßbare Werte von weniger als 0,03%. Das Reflexionsvermögen der inkohlten Sporen dagegen liegt im Bereich von ca. 0,12—0,34%, und ist damit in etwa dem der karbonischen Steinkohlen-Exinite vergleichbar.

Bei der morphographischen Bearbeitung dieser «inkohlten» Sporen, die — wie bereits erwähnt wurde — vor allem in der Probe Elvingen mit relativ hohen Anteilen neben einer für den Unteren Lias typischen Mikroflora auftreten, kann man zunächst festhalten, daß sie bekannten Formgattungen aus dem jüngeren Paläozoikum zugeordnet werden können. Diese Feststellung genügt jedoch nicht, um diese Sporen eindeutig als karbonische Formen zu identifizieren; denn in der morphographischen Systematik fällt den Formgattungen lediglich die Aufgabe zu, verschiedene Baupläne voneinander abzugrenzen (R. POTONIE 1966). So ist aus der Literatur bekannt, daß bestimmte Baupläne karbonischer Sporen z. B. bis zu mesozoischen Sporen fortbestehen können. Der einzige Unterschied besteht vielfach nur in einem anderen Namen. In bezug auf die vorliegende Arbeit sollen hier zwei Beispiele angeführt werden.

a) Sporen vom Typ *Murospora* (SOMERS 1952) R. POTONIE 1966:

Äquatorkontur dreieckig, Seiten stark konkav und Ecken abgerundet; Cingulum an den Apices deutlich breiter und z.T. kissenartig verstärkt; Exine des Zentralkörpers und des Cingulums  $\pm$  glatt (s. Taf. 1, Fig. 8. u. 10).

Sporen dieses Bauplanes sind als *Simozonotriletes* POT. & KEMP 1954, *Westphalensisporites* ALPERN 1958 und *Murospora* SOMERS 1952 aus dem Karbon, und als *Cingutriletes* PIERCE 1961 bzw. als *Duplexisporites* DEAK 1962 aus dem oberen Mesozoikum beschrieben worden.

b) Sporen vom Typ *Reticulatisporites* NEVES 1964:

Äquatorkontur abgerundet dreieckig bis polygonal; Cingulum unterschiedlich verdickt; typisch ist auf der Distalseite eine grobe Netzskulptur aus Muri, die bastionsartig über den Zentralkörper hinausragen. (s. Taf. 1, Fig. 14 u. 15)

Mir gewissen Einschränkungen lassen sich einige Formarten von *Lycopodiumsporites* THIERGART 1938 aus dem oberen Mesozoikum bzw. Tertiär mit dem Bauplan von *Reticulatisporites* aus dem Karbon vergleichen.

Weitergehende Aussagen erlauben erst die Sporenspezies. Ihre Abgrenzung untereinander richtet sich neben kleinsten Formunterschieden oft sehr weitgehend nach stratigraphischen Überlegungen. Geht man also bei der morphographischen Beschreibung der «inkohlten» Sporen zu den Formarten über, so zeigt sich deutlicher, daß sie eine nur für das Oberkarbon typische Kombination ihrer Struktur- und Skulpturelemente besitzen. Ausnahmen hiervon bilden einmal solche Sporenarten, die auf Grund ihrer Merkmalsarmut nicht von mesozoischen bzw. tertiären Formen zu trennen sind. Monolete Sporen mit glatter Umrißlinie und laevigater Exine, deren Äquatorkontur ovaloid ist (s. Taf. 1, Fig. 35 u. 36), lassen sich mit *Laevigatosporites desmoinesensis* SCHOPF, WILSON & BENTALL 1944 bzw. *L. medius* KOSANKE 1950 aus dem Karbon und mit tertiären Formarten von *Polypodiaceasporites* THIERGART 1938 bzw. *Intrapunctatosporis* KRUTZSCH 1959 vergleichen.

Eine sichere Identifizierung der Formarten ist auch dann erschwert, wenn den aus dem Paläozoikum bzw. Mesozoikum beschriebenen Formarten einer Gattung, die in etwa ähnliche Struktur- und Skulpturelemente aufweisen, eine klare Differentialdiagnose fehlt. Formarten der Gattungen *Densosporites* BUTTERWORTH, JANSONIUS, SMITH & STAPLIN 1964 z. B. kommen relativ häufig und oft in gutem Erhaltungszustand in limnisch-kontinentalen Sedimenten des Rät und Unteren Lias vor, was nicht auf eine Umlagerung dieser Formen schließen läßt. Auch in den marinen Sedimenten des Rät und Lias SE-Luxemburgs treten Densosporen (s. Taf. 1, Fig. 27-34) z. T. relativ häufig und in gutem Erhaltungszustand auf. Diese Formen zeigen nur z. T. deutliche morphologische Unterschiede zu den paläozoischen Arten dieser Gattung. Vielfach reicht der diagnostische Wert der bei der Unterscheidung zugrunde gelegten Merkmale nicht aus, um die paläozoischen Formen mit Sicherheit von den mesozoischen zu trennen. Hier könnte nur ein Vergleich der Originale der betreffenden Arten zur Feststellung ihrer Identität weiterhelfen. Da außerdem diese Gattung im Oberkarbon nur einen ganz bestimmten stratigraphischen Bereich einnimmt und im Rotliegenden aussetzt, können hier mögliche Konvergenzen nicht ausgeschlossen werden.

Im einzelnen können in den Rät-Liasschichten SE-Luxemburgs mit Sicherheit folgende 8 karbonische Mikrosporenarten und 1 Megasporenart morphographisch identifiziert werden:

**Planisporites kosankei** POTONIÉ & KEMP 1954 (s. Taf. 1, Fig. 1-3):

Trilete Sporen mit  $\pm$  abgerundet dreieckiger Umrißform; Größe der hier abgebildeten Form etwa 60-80  $\mu$ ; Y-Marke kaum erkennbar; Exine relativ dünn mit Sekundärfalten, und äquatorial scheinbar verdickt; die Exine ist charakteristisch mit locker stehenden, kleinen Coni skulpturiert.

Die im älteren Mesozoikum auftretenden Formarten dieser Gattung haben wie z. B. *P. echinatus* SCHULTZ 1966  $\pm$  dichter stehende und vor allem längere Coni.

**Raistrickia saetosa** SCHOPF, WILSON & BENTALL 1944 (s. Taf. 1, Fig. 4):

Trilete Spore mit groben und relativ dicht stehenden Bacula, zwischen denen einzelne Coni vorkommen; Größe etwa 56  $\mu$ ; Bacula in der Größe variierend, bis 13  $\mu$  lang und 6  $\mu$  breit.

Die Formarten der aus dem Mesozoikum bekannten Formgattung *Neoraistrickia* R. POTONIÉ 1956 haben im Gegensatz zu *Raistrickia* schlankere Bacula, zwischen denen keine ausgesprochenen Coni auftreten. *Baculinaperturites* PIERCE 1961 (Obere Kreide) hat angeblich keine Y-Marke. Bei Formarten der Gattung *Ceratosporites* COOKSON & DETTMANN 1958 (Kreide) befindet sich die Verzierung der Exine nur auf der Distalseite.

**Vestispora** cf. **fenestratus** KOSANKE 1950 (s. Taf. 1, Fig. 5 u. 6):

Äquaturkontur  $\pm$  kreisförmig, teils durch Abplattung der Sporen oval; Größe bis 95  $\mu$ ; Umrißlinie wellig bis gekerbt. Die Gattung *Vestispora* WILSON & VENKATACHALA 1963 unterscheidet sich deutlich von anderen durch ein Operculum der proximalen Exocine; Y-Marke meist nicht sichtbar; Außenhaut reticulat; es entsteht der Eindruck eines unregelmäßigen weitmaschigen Netzes durch sich verzweigende, konzentrisch oder mehr parallel verlaufende schwache Muri.

**Cirratriradites saturni** SCHOPF, WILSON & BENTALL 1944 (s. Taf. 1, Fig. 7 u. 8):

Trilete Sporen mit einer Zona; Äquatorkontur dreieckig mit konkaven Seiten; Y-Strahlen bis zum Rand der Zona verlaufend; nur eine polare Fovea; Größe der hier abgebildeten Formen bis 85  $\mu$ .

Die Formarten der mesozoischen Gattung *Aequitriradites* DELCOURT, DETTMANN & HUGHES 1963 besitzen am distalen Pol eine zirkuläre, unregelmäßig begrenzte Einstülpung (Hilum). Bei der aus dem Wealden bekannten Formart *Couperisporites complexus* POCOCC 1962 ist die

Distalseite des Zentralkörpers im Gegensatz zu *Cirratiradites* in zwei Zonen mit deutlich unterschiedlicher Ornamentierung aufgeteilt.

**Dictyotriletes bireticulatus** POTONIE & KREMP 1955 (s. Taf. 1, Fig. 11):

Trilete Spore mit abgerundet dreieckiger Äquatorkontur; Umrißlinie glatt und leicht wellig, infolge der flach wallartigen Muri; diese bilden eine vollständige Netzskulptur.

Die hier abgebildete Spore stimmt so weitgehend mit dem Genotypus von POTONIE & KREMP 1955 überein, so daß an der Artzugehörigkeit nicht zu zweifeln ist.

Die in Fig. 12 u. 13 abgebildeten Sporen besitzen ein z. T. unvollständig erscheinendes Reticulum aus flachen aber breiteren Muri, die am Äquatorrand der Sporen nur wenig hervorspringen. Diese Formen sind mit *Dictyotriletes falsus* POTONIE & KREMP 1955 vergleichbar.

**Reticulatisporites reticulatus** IBRAHIM 1933 (s. Taf. 1, Fig. 14 u. 15). Trotz der oben beschriebenen Einwände lassen sich die hier abgebildeten Formen auf Grund ihrer Größe von 85 bis 95  $\mu$  und der auf der Distalseite angeordneten, bis zu 6  $\mu$  breiten Muri sicher mit der karbonischen Formart identifizieren.

**Knoxisporites polygonalis** POTONIE & KREMP 1955 (s. Taf. 1, Fig. 16):

Trilete Spore mit breitem äquatorialem Cingulum; Distalseite mit  $\pm$  radial und konzentrisch angeordneten kräftigen Leisten skulpturiert; Größe etwa 80  $\mu$ .

Ähnlich ausgebildete Formen sind bisher aus dem Mesozoikum nicht bekannt geworden.

**Lycospora sp.** SCHOPF, WILSON & BENTALL 1944 (s. Taf. 1, Fig. 17-24):

Trilete Sporen von Habitus *Lycospora* mit schmalem, meist in eine dunkle und helle Zone geteiltem Cingulum; deutlich triangulate Äquatorkontur; Strahlen der Y-Markc sind  $\pm$  gradlinig und erreichen den Äquator; Skulptur des Zentralkörpers und Cingulums granulat; Gesamtdurchmesser 28-40  $\mu$ , Breite des Cingulums 3-8  $\mu$ .

Die hier abgebildeten Formen stimmen auf Grund ihrer Skulptur und Struktur mehr oder weniger gut mit den aus dem Oberkarbon bekannten Formart überein. Aber ebenso lassen sie sich mit echten mesozioschen Formarten dieser Gattung vergleichen. Auch die von MADLER 1964 als *Thiergartisporis* benannten Formen aus dem Unteren Lias zeigen den Habitus *Lycospora*. Da die Gattung *Lycospora* augenblicklich von einer Arbeitsgruppe der C.I.M.P. neu bearbeitet wird, soll hier auf eine Artbenennung verzichtet werden.

**Cristatisporites** (BUTT, JANS. SMITH & STAPL.) **indignabundus** POTONIE & KREMP 1955 (s. Taf. 1, Fig. 25 u. 26):

Trilete, cingulate Sporen mit kreisförmiger Äquatorkontur; Exine zweischichtig; Zentralkörper oft undeutlich; charakteristisch ist eine starke Skulpturierung der Distalseite mit dicht stehenden Coni oder Spinae, deren Basen z.T. miteinander verbunden (Cristae) und parallel zum Äquator angeordnet sind.

Von *Limboisporites* NILSON 1958 (Lias) unterscheiden sich nach REINHARDT (1964) die hier vorliegenden Formen dadurch, daß dort die Exoexine distal von membranösen Fenstern durchbrochen ist, die äquatorial zinkenförmig auslaufen.

**Setosisporites hirsutus** IBRAHIM 1933 (s. Taf. 1, Fig. 37):

Trilete Megasporen mit  $\pm$  kreisförmiger Äquatorkontur; die Gula erfaßt nur den näheren Bereich des Apex; Curvaturae deutlich, Kontaktflächen mit locker stehenden Warzen verziert; der übrige Teil der Spore ist mit einer Höckerskulptur versehen, deren Basen sich z.T. berühren; Fimbrae sind nicht mehr zu beobachten, was auf die Umlagerung dieser Sporen zurückzuführen sein dürfte.

Die Bedeutung der Identifizierung von sekundär umgelagerten Sporen in marinen Sedimenten liegt in der Möglichkeit, mit ihrer Hilfe wichtige Hinweise über die Herkunft und Entstehungsbedingungen der Sedimente zu erhalten. Dafür lassen sich heute schon viele Beispiele anführen (s. STANLEY 1966, 1967, dort weitere Literaturangaben). Bevor jedoch in den Rät-Lias-Schichten Luxemburgs derartige Schlußfolgerungen durchgeführt werden können, muß erst ein umfangreicheres Probenmaterial untersucht worden sein.

#### Literaturverzeichnis

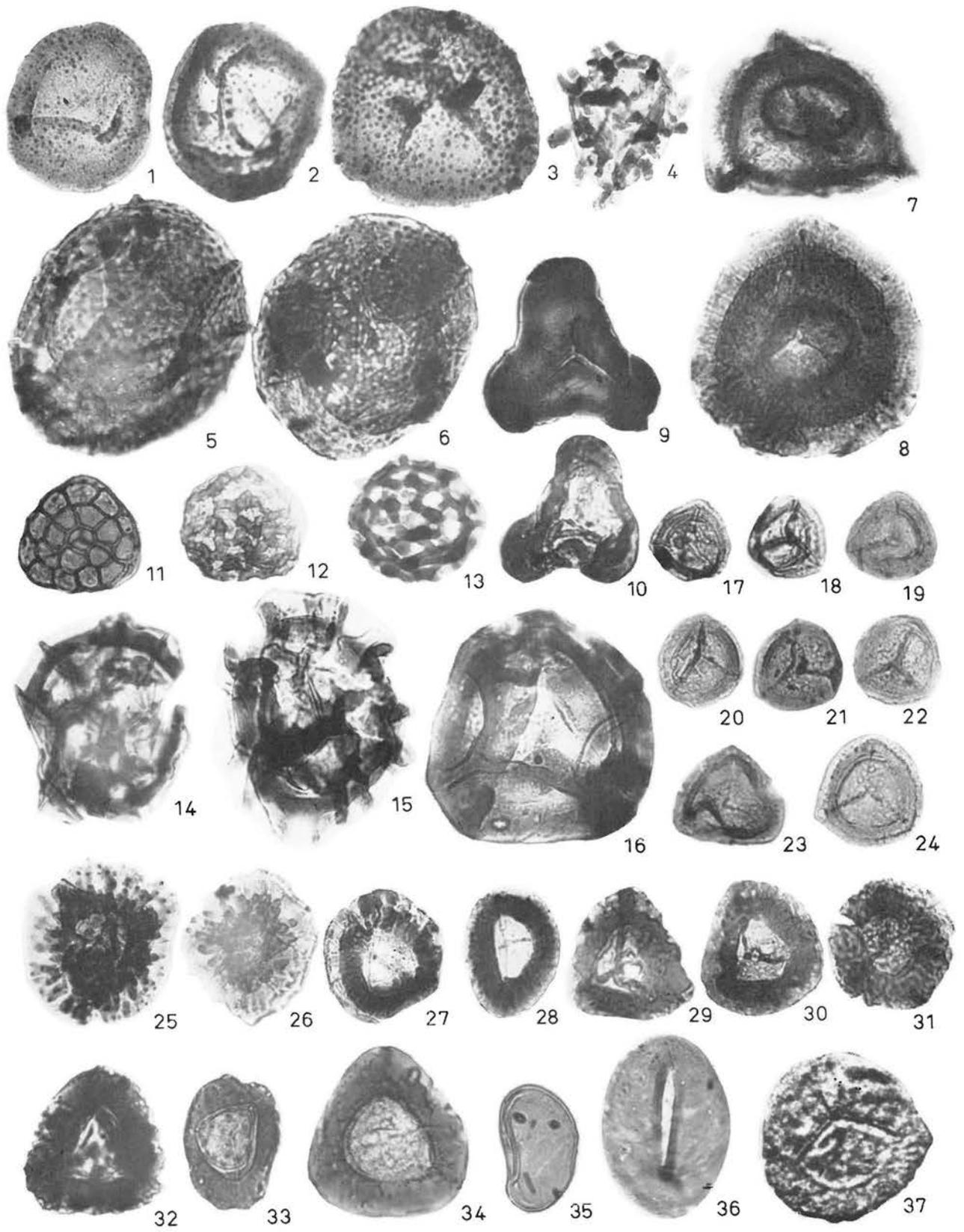
- ALPERN, B.: Contribution à l'Etude palynologique et pétrographique des Charbons français. — Thèses Fac. Sci. Univ. Paris, 1959.
- ALPERN, B.: Méthode d'extraction des spores des roches du houiller. — *Pollen et Spores*, **V**, S. 169-177, Paris 1963.
- BUTTERWORTH, M.A.,  
JANSONIUS, J.,  
SMITH, A.H.V. &  
STAPLIN, F.L.: Densosporites (Berry) Pot. & Kremp and related genera. — C.R. 5 Congr. internat., géol. Carbon., **3**, Paris 1964.
- COOKSON, I.C.: The occurrence of Palaeozoic microspores in Australian Upper Cretaceous and Lower Tertiary sediments. — *The Australian Journ. of Sc.*, **18**, Sidney 1955.
- COOKSON, I.C. &  
DETMANN, M.E.: On Schizosporis, a new form genus from Australian Cretaceous deposits. — *Micropalaeontology*, **5**, New York 1959.
- DEAK, M.: Palynologische Untersuchung der Bauxitlagerstätten im Bakonygebirge. — *Bull. Soc. géol. Hong.*, **90**, Budapest 1960.
- DELCOURT, A.F.,  
DETMANN, M.E. &  
HUGHES, N.F.: Revision of some Lower Cretaceous microspores from Belgium. — *Palaeontology*, **6**, London 1963.
- DIJKSTRA, S.J.: Megaspores and some other fossils from the Aachenian (Senonian) in South Limburg, Netherlands. — *Med. Geol. Sticht.*, **3**, S. 19-32, Maastricht 1949.
- — — Carboniferous megaspores in Tertiary and Quaternary deposits of SE England. — *Ann. and Mag. Nat. Hist. Sci.*, **12**, **3**, S. 865-877, 1950.
- v. GIJZEL, P.: Die Fluoreszenz-Photometrie von Mikrofossilien mit dem Zweistrahl-Mikroskopphotometer nach Berec. — *Lerrz-Mitt., Wiss. u. Techn.*, Bd. III, Nr. 7, S. 206-214, Wetzlar 1966.
- — — Autofluorescence of fossil pollen and spores, with special reference to age determination. — *Leidsche Geol. Meded.* (1967), im Druck.
- HALLIK, R.: Eine Flüssigkeit zur Trennung von organischem Material und Sand für die Pollenanalyse. — *N. Jb. f. Geol. u. Paläont.*, Stuttgart 1957.
- HILTMANN, W.: Über die Sporenführung des Kernprofils der Bohrung Contern FG 11 (Unterer Lias, Luxemburg) Publication Serv. géol. du Luxembourg, Vol. XVII 1967.
- IVERSEN, J.: Sekundäres Pollen als Fehlerquelle. — *Danmarks geol. Undersøgelse, række IV*, N° 15, p. 3-24, 1936.

- KRAMP, J.: Faziesuntersuchung in den Rät-Lias-Grenzschichten bei Junglinster. — Geol. Dipl.-Arbeit, unveröff., Geol. Inst. der TH Aachen 1965.
- KRUTZSCH, W.: Mikropaläontologische (sporenpaläontologische) Untersuchungen in der Braunkohle des Geiseltales. — Beih. Z. Geologie, **21-22**, Berlin 1959.
- MÄDLER, K.: Bemerkenswerte Sporenformen aus dem Keuper und unteren Lias. — Fortschr. Geol. Rheinld. Westf., **12**, Krefeld 1964.
- MATTIAT, B.: Ein neuer Weg zur Aufbereitung diagenetisch verfestigter, bituminöser Tone (Tonsteine). Geol. Jb. Bd. **79**, S. 883-898, Hannover 1962.
- — — Methodische Verbesserungen bei der routinemäßigen Schlämmanalyse von Ton- und Bodenproben. — Beiträge zur Min. u. Petrographie **10**, S. 216-224, 1964.
- MULLER, A.: Untersuchungen über das Rät in Luxemburg. — Publication Serv. géol. du Luxembourg, **XIV**, S. 255-282, Luxembourg 1964.
- — — Les affleurements des couches de passage du Trias au Jura le long de la route nat. 13 entre Welfrange et Rollingen-les-Bous. — Inst. Grand-Ducal de Luxembourg, Archives Tome XXXI, N.S., Luxembourg 1966.
- — — Die Mergel und Kalke von Straßen. Eine stratigraphische Studie zur Ausbildung des Sinemurien s.Str. in Luxemburg. — Publication Serv. géol. du Luxembourg, Vol. XVII 1967.
- MULLER, J.: Palynology of Recent Orinoco delta and shelf sediments: Reports of the Orinoco Shelf expedition; Vol. 5. — micropaleontology, **5**, S. 1-32, New York 1959.
- NEVES, R.: Namurian plant spores from the southern Pennines, England. — Palaeontology, **4**, London 1961.
- — — Knoxisporites (Pot. & Kr.) Neves 1961. — C.R. 5. Congr. internat. Stratigr. géol. Carbon., **3**, Paris 1964.
- PIERCE, R.L.: Lower Upper Cretaceous plant microfossils from Minnesota. — Bull. geol. Surv. University Minn., **42**, Minneapolis 1961.
- POCOCK, St.A.: Microfloral analysis and age determination of strata at the Jurassic-Cretaceous boundary in the Western Canada Plains. — Palaeontographica, B. **111**, Stuttgart 1962.
- POTONIE, R.: Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae. I. Teil: Sporites. — Beih. Geol. Jb., **23**, 103 S., Hannover 1956.
- — — Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae. II. Teil: Sporites (Nachträge), Saccites, Aletes, Praecolpates, Polyplacates, Monocolpates. — Beih. Geol. Jb., **31**, 114 S., Hannover 1958.
- — — Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae. III. Teil: Nachträge Sporites, Fortsetzung Pollenites. Mit Generalregister zu Teil I-III. — Beih. Geol. Jb., **39**, 189 S., Hannover 1960.
- POTONIE, R.: Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae. IV. Teil: Nachträge zu allen Gruppen (Turmae). — Beih. geol. Jb., **72**, 244 Seiten, Hannover 1966.
- REINHARDT, P.: Über die Sporae dispersae der Thüringer Trias. — Mber. Deutsch. Akad. Wiss. Berlin, **6**, Berlin 1964.
- STANLEY, E.A.: Use of reworked pollen and spores for determining the Pleistocene — Recent and the intra-Pleistocene boundaries. — NATURE, **206**, S. 289-291, London 1965.
- SCHULZ, E.: Über einige neue Sporae dispersae aus dem älteren Mesophytikum Deutschlands. — Geologie, **15**, Beih. 55, Berlin 1966.
- STANLEY, E.A.: The application of palynology to oceanology with reference to the Northwestern Atlantic. — Deep-Sea Res., **13**, 1966.
- — — Palynology of six ocean-bottom cores from the southwestern Atlantic Ocean. — Rev. Palaeobotan. Palynol., **2**, Amsterdam 1967.
- WILSON, L.R. & VENKATACHALA, B.S.: An emanation of Vestispora Wilson & Hoffmeister, 1956. — Okl. Geol. Not., **23**, Norman 1963.

ERLAUTERUNGEN ZU TAFEL I

Vergr. 500x, Ausgenommen Fig. 37 Vergr. 50x

- Fig. 1-3      *Planisporites kosankei* POTONIÉ & KREMP 1954
- Fig. 4        *Raistrickia saetosa* SCHOPF, WILSON & BENTALL 1944
- Fig. 5 + 6    *Vestispora* cf. *fenestratus* KOSANKE 1950
- Fig. 7 + 8    *Cirratriradites saturni* SCHOPF, WILSON & BENTALL 1944
- Fig. 9 + 10   *cf. Murospora* (POTONIÉ 1966) *intortus* POTONIÉ & KREMP 1954
- Fig. 11       *Dictyotriletes bireticulatus* POTONIÉ & KREMP 1955
- Fig. 12 + 13 *cf. Dictyotriletes falsus* POTONIÉ & KREMP 1955
- Fig. 14 + 15 *Reticulatisporites reticulatus* IBRAHIM 1933
- Fig. 16       *Knoxisporites polygonalis* POTONIÉ & KREMP 1955
- Fig. 17-24    *Lycospora* (SCHOPF, WILSON & BENTALL) sp.
- Fig. 25 + 26 *Cristatisporites indignabundus* POTONIÉ & KREMP 1955
- Fig. 27-34    *Densosporites* (BUTTERWORTH, JANSONIUS, SMITH & STAPLIN 1964) sp.
- Fig. 35       *cf. Laevigatosporites medius* KOSANKE 1950
- Fig. 36       *cf. Laevigatosporites desmoinesensis* SCHOPF, WILSON & BENTALL 1944
- Fig. 37       *Setosisporites hirsutus* IBRAHIM 1933





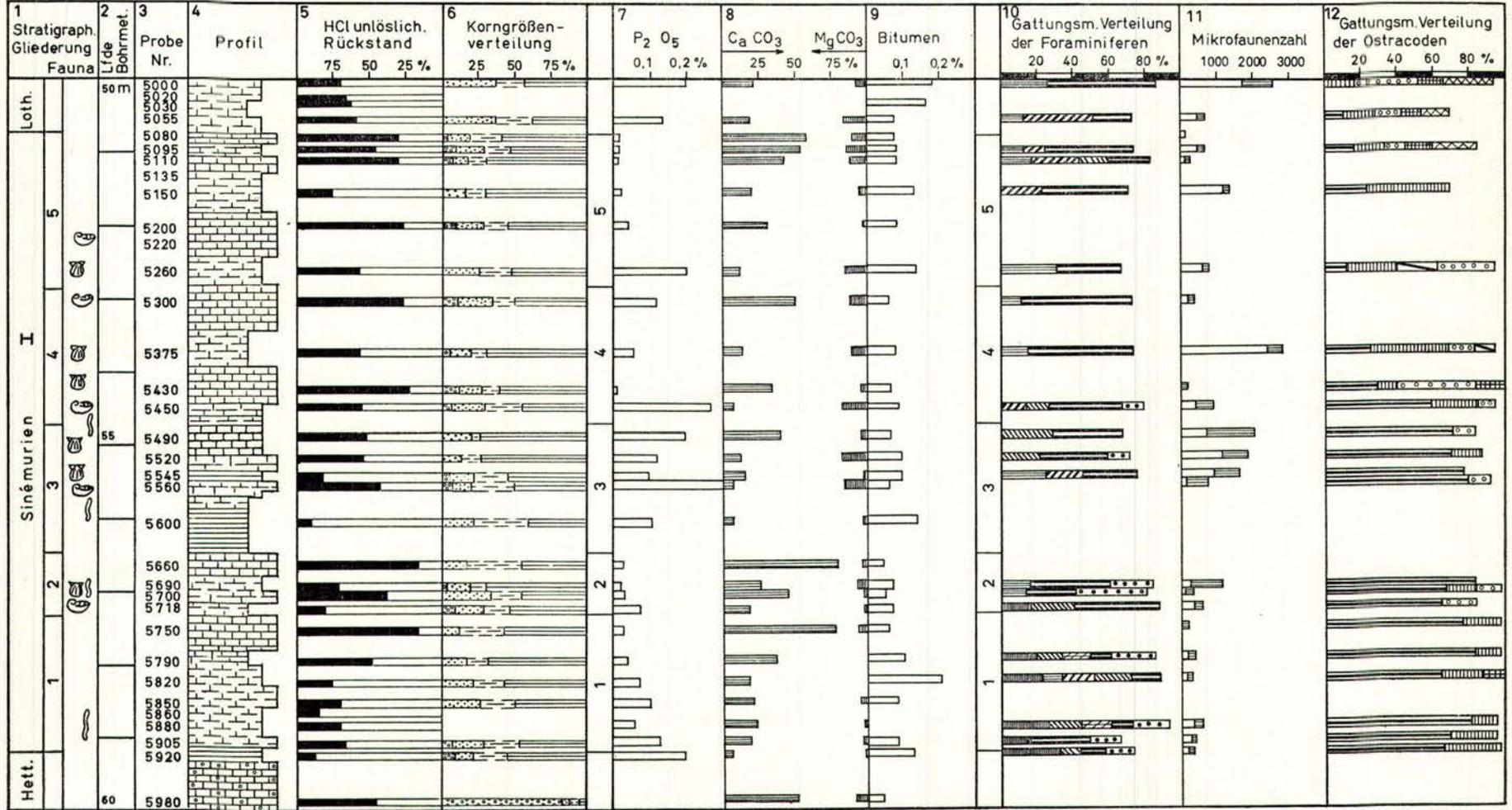
Probe	1	2	3	4	5	6	7	8	22	21	20	19	14	18	17	16	15	14	13	12	
Deltoidisporites hallii																					
Deltoidisporites hallii torus																					
Deltoidisporites neddeni regularis																					
Delt. neddini pseudotorus																					
Concavisporites torus																					
Concavisporites rugulatus																					
Lygodiumsporites adriennis																					
Lygodiumsporites adriennis minor																					
Matonisorites turgidus																					
Todisporites minor																					
Calamospora nathorstii																					
Laevigate Spore inc. sed.																					
Granulatisporites piroformis																					
Osmundiacidites welmanii																					
cf. Acanthotriletes sp.																					
Verrucosporites triseatus																					
Verrucosporites morulae																					
Uvaesporites laciniverrucosus																					
Rugulatisporites quintus																					
Rugulatisporites tenuis																					
Rugulatisporites clarus																					
Hamulatisporites semimuris																					
Hamulatisporites kuepperi																					
Lygodiosporites liassicus																					
Camtotriletes triangularis																					
Camtotriletes circularis																					
Dictyotriletes crassimuris																					
Lycopodiumsporites austroclavatidites																					
Crassitudisporites problematicus																					
Lycospora cf. punctata																					
Densosporites sphaerotriangul.																					
Densosporites loricatus																					
Densosporites faunus																					
Tsugaepollenites mesozoicus																					
Bisaccater Pollen inc. sed.																					
Vitreisporites signatus																					
Alisporites opii																					
Abietinaepollenites microalatus																					
Pinuspollenites labdacus																					
Abiespollenites absolutus																					
Piceapollenites alatus																					
Platysaccus papilionis																					
Eucommiidites troedssoni																					
Ginkgoecadophytus caperatus																					
Classopollenites classoides																					
Classopollenites minor																					
Araucariacites australis																					
cf. Tasmanites sp.																					
Hystrichosphaeridea																					

Anlage 1  
Die Verbreitung der dispersen Sporen  
und Pollen im unteren Lias von Contern  
HILTMANN: Sporenführung Contern

Häufigkeit:

bis 5% 5,1- 10,1- 21- über 50%  
10% 20% 50%

# TAFELANLAGE 1







### TAFELANLAGE 4

1 Stratigraph. Gliederung Fauna	2 Lfd. Bohrmet.	3 Probe Nr.	4 Profil	5 HCl unlöslich. Rückstand			6 Korngrößen- verteilung			7 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %			8 CaCO <sub>3</sub> MgCO <sub>3</sub>			9 Bitumen	
				75	50	25 %	25	50	75 %	0,1	0,3	0,5	25	50	75 %	0,1	0,2 %
Lotharingien IV	3	300															
	4	390															
		640															
		715															
		765															
		9	890														
			1020														
		13	1305														
			1370														
			1645														
		17	1690														
			1745														
			1865														
		21	2100														
			2150														
		24	2430														
			2430														
			2650														
			2850														
		30	3005														
		31	3100														
		34	3400														
		35	3500														
			3500														
			3500														
			3500														
			3500														
			3500														
			3500														
			3500														
			3500														
			3500														
			3500														
			3500														
			3500														
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															
		3500															

Imprimerie Bourg-Bourger, Luxembourg