

BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

ABHANDLUNGEN · NEUE FOLGE, HEFT 123

AXEL VON HILLEBRANDT

Foraminiferen-Stratigraphie
im Alttertiär von Zumaya
(Provinz Guipúzcoa, NW-Spanien)
und ein Vergleich mit anderen Tethys-Gebieten

Mit 3 Profilen, 3 Kartenskizzen und 5 Tabellen

Vorgelegt von Herrn Richard Dehm am 7. Mai 1965

MÜNCHEN 1965

VERLAG DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
IN KOMMISSION BEI DER C. H. BECK'SCHEN VERLAGSBUCHHANDLUNG MÜNCHEN

Druck : Gebr. Parcus KG, München
Printed in Germany

INHALTSÜBERSICHT

A. Einleitung	5
B. Ältere Arbeiten	7
C. Lithologische Gliederung	9
1. Kalkserie	9
2. Mergelserie	9
3. Mergelserie mit Sandsteinbänken (selten über 1 m mächtig)	11
4. Mergelserie mit Sandsteinbänken (häufig über 1 m mächtig)	11
5. Sandsteinserie mit einzelnen Mergellagen	11
6. Mergelserie mit Sandsteinbänken (selten über 5 m mächtig)	11
7. Sandsteinserie mit geringmächtiger Mergelserie	12
D. Faunenzonen nach planktonischen Foraminiferen	13
1. Globigerina edita-trinidadensis-Zone (A)	14
a) Globigerina edita-Unterzone (A ₁)	14
b) Globigerina trinidadensis-Unterzone (A ₂)	15
2. Globorotalia inconstans-uncinata-Zone (B)	15
3. Globorotalia angulata-Zone (C)	16
4. Globorotalia pusilla-Zone (D)	16
5. Globorotalia pseudomenardii-Zone (E)	16
6. Globorotalia velascoensis-Zone (F)	17
7. Globorotalia subbotinae-marginodentata-Zone (G)	17
a) Globorotalia marginodentata-Unterzone (G ₁)	18
b) Globorotalia subbotinae-Unterzone (G ₂)	18
8. Globorotalia lensiformis-Zone (H)	18
9. Globorotalia formosa/Acarinina angulosa-Zone (I)	19
a) Acarinina angulosa-Unterzone (I ₁)	19
b) Globorotalia formosa-Unterzone (I ₂)	19
10. Globorotalia aragonensis-Zone (K)	19
11. Globorotalia palmerae/Acarinina aspensis-Zone (L)	20
12. Globorotalia caucasica-Zone (M)	21
E. Großforaminiferen-Horizonte	23
1. Globorotalia pseudomenardii-Zone (E)	24
2. Acarinina angulosa-Unterzone (I ₂)	24
3. Globorotalia aragonensis-Zone (K)	25

4. Globorotalia palmerae/Acarinina aspensis-Zone (L)	25
5. Globorotalia caucasica-Zone (M)	27
F. Ökologische Beobachtungen	29
1. Planktonische Foraminiferen	29
2. Benthonische Foraminiferen	30
G. Vergleichsprofile aus anderen Gebieten	33
1. Südpirenen	33
a) Becken von Tremp (Provinz Lerida)	33
b) Campo (Provinz Huesca)	35
c) Mont Perdu (Provinz Huesca)	39
d) Musquiz (Provinz Navarra)	39
2. Aquitaine (SW-Frankreich)	41
a) Corbières	41
b) Montagne Noire	41
c) Petites Pyrénées	41
d) Hautes Pyrénées	41
e) Chalosse de Montfort	44
3. Vicentin (Norditalien)	44
H. Planktonische Foraminiferen-Faunen-zonen in anderen Gebieten	47
1. Mittelamerika	47
2. Nordalpen	47
a) Becken von Reichenhall und Salzburg	47
b) Becken von Gams (Steiermark)	48
c) Haunsberg (nördlich von Salzburg)	49
3. Südalpen und Apennin	50
a) Paderno d'Adda bei Mailand	50
b) Monte Baldo (Gardasee)	50
c) Apennin	50
4. Ägypten	51
5. Pakistan	51
6. Rußland	51
I. Vergleich der Faunen-zonen nach planktonischen Foraminiferen und Großforaminiferen	53
K. Vergleich der Faunen-zonen mit den Stufen des Alttertiärs	55
L. Zusammenfassung	57
Résumé	57
M. Literaturverzeichnis	59

A. EINLEITUNG

Die Anregung zur vorliegenden Arbeit erhielt ich durch die Herren Professoren Dr. J. GOMEZ DE LLARENA (Madrid) und Dr. P. SCHMIDT-THOMÉ (München), denen ich an dieser Stelle vielmals danken möchte.

Herr Professor Dr. H. HAGN (München) stellte mir aus seiner Foraminiferensammlung zahlreiche Vergleichsproben und Literatur zur Verfügung, wofür ich ihm sehr herzlich danke. Nicht zuletzt gilt aber auch mein besonderer Dank meinem Studienfreund, Herrn Dr. D. HERM (z. Z. Santiago de Chile). Zusammen mit ihm führte ich einen großen Teil der Geländearbeiten durch. Viele anregende Diskussionen trugen zum Fortgang der Arbeit bei. Durch Herrn Professor Dr. H. BOLLI (Zürich) und Herrn Dr. H. P. LUTERBACHER erhielt ich freundlicherweise Vergleichsproben.

Auf der Suche nach einem möglichst lückenlosen und vor allem gut aufgeschlossenen Profil von der Oberkreide in das Alttertiär wurden Herr Dr. D. HERM und ich auf das nahezu ideale Profil zwischen Deva und Guetaria bei San Sebastian (Provinz Guipúzcoa, NW-Spanien) aufmerksam gemacht. Herr Dr. D. HERM bearbeitete die Oberkreide (Deva bis Zumaya) und ich das Alttertiär (Zumaya bis Guetaria) dieses Profils. Eine erste Aufsammlung von 31 Proben durch Herrn Professor Dr. P. SCHMIDT-THOMÉ in der höheren Oberkreide und im Paleozän wurde durch Herrn Professor Dr. H. HAGN bestimmt. Da die Proben durchwegs reiche planktonische Foraminiferen-Faunen enthielten, erschien eine detaillierte Aufnahme und Probenentnahme lohnend.

Meine Schlammproben, Großforaminiferen und Beobachtungen stammen aus den Jahren 1958, 1962 und 1964. Das Profil und die Proben zwischen der Punta de San Telmo und der Punta Mariantón wurden mit dem Bandmaß eingemessen und in den Profilen 1 und 2 dargestellt. Die Fortsetzung des Profils ist an der Straße von Zumaya nach Guetaria sehr gut aufgeschlossen. Hier ermittelte ich die Probenpunkte durch Schrittzahlen und mit Hilfe der Kilometersteine (Profil 3 und Kartenskizze 1).

Um einen Vergleich zwischen den Faunenzonen des Alttertiärs nach Großforaminiferen und nach planktonischen Foraminiferen zu ermöglichen, war es notwendig, zahlreiche Vergleichsproben auch in anderen Gebieten und Profilen aufzusammeln. Ich berücksichtigte und wertete hierbei vor allem diejenigen Profile aus, in welchen neben genau stratigraphisch einstuftbaren Großforaminiferen auch planktonische Kleinforaminiferen vorkommen.

B. ÄLTERE ARBEITEN

Eine erste ausführliche Arbeit widmete D. V. KINDELAN (1919) der Kreide und dem Eozän der Provinz Guipúzcoa. Von der Punta Campaya bei Guetaria gibt KINDELAN verschiedene Großforaminiferenarten an und stellt die Schichten in das Eozän. Die im alttertiären Flysch zahlreich vorhandenen Spuren werden beschrieben und zum Teil abgebildet.

M. RUIZ DE GAONA (1948) gibt aus dem Profil an der Straße von Zumaya nach Guetaria mehrere Großforaminiferen-Horizonte an, beschreibt diese und bildet verschiedene Arten ab. Auf Grund der Großforaminiferen ordnet er die Schichten dem „Eoceno inferior“ zu.

In zwei umfangreichen Arbeiten behandelt J. GOMEZ DE LLARENA (1954, 1956) den Kreide- und Tertiär-Flysch der Provinz Guipúzcoa. Es werden vor allem sedimentpetrographische und tektonische Fragen des Flysch im untersuchten Gebiet und allgemein beschrieben. Ein ausführliches Kapitel enthält zahlreiche Beobachtungen über die organischen und anorganischen Marken und Spuren in diesen Schichten.

BARTENSTEIN und COLOM (in GOMEZ DE LLARENA 1954 S. 17) untersuchten Mikroproben aus der Schichtfolge westlich von Zumaya. Die Mergel des obersten Maastricht und die Kalke der Halbinsel der Punta de San Telmo werden in das Dan gestellt, während der „flysch margoso-calizo“ und der „flysch calizo-siliceo“ am Playa de San Telmo dem Paleozän zugerechnet werden.

A. SEILACHER (1959, 1962) beschäftigt sich eingehend mit den verschiedenen Spurentypen aus dem Maastricht und „Eozän“ von Zumaya. Ihr Vorkommen bringt er in Abhängigkeit zu den Sedimentationsbedingungen. Wie auch für andere Flyschablagerungen nimmt SEILACHER (1959) eine Ablagerung in „abyssischen Tiefen“ an.

C. LITHOLOGISCHE GLIEDERUNG

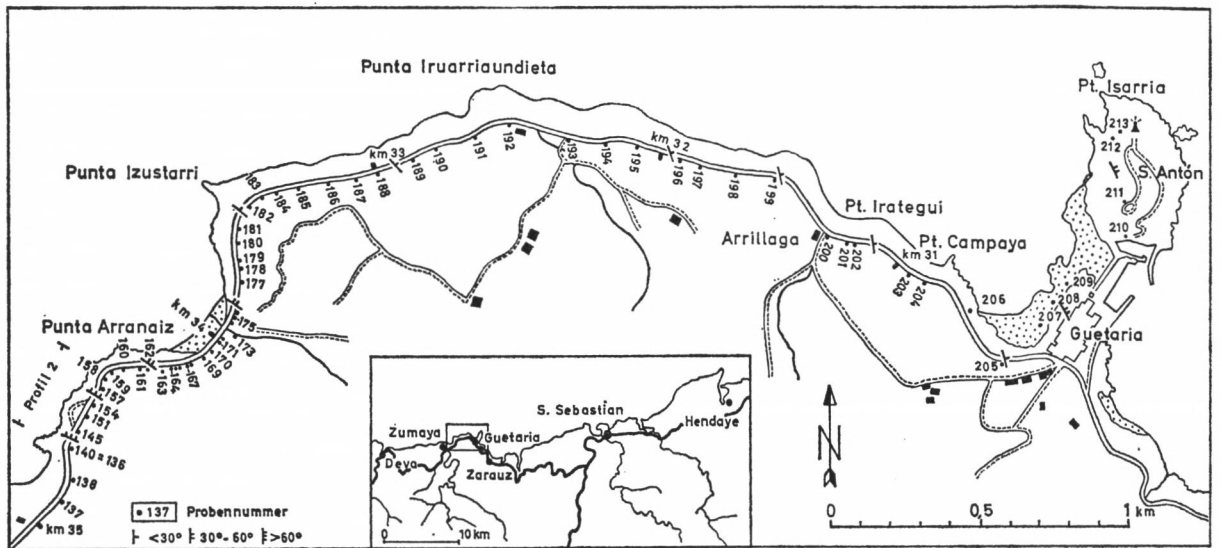
Das Alttertiär zwischen Zumaya und Guetaria läßt sich in verschiedene lithologische Einheiten gliedern, die sich allerdings zumeist nicht scharf voneinander trennen lassen und mit den Grenzen der Faunenzonen nicht übereinstimmen. Vom Liegenden zum Hangenden gehen zunächst vorwiegend kalkige Sedimente in eine Wechsellagerung von Mergeln, Kalkmergeln und Kalken über. Zu Beginn nur vereinzelt auftretende Psammite nehmen dann an Häufigkeit immer mehr zu, bis diese in einzelnen Profilabschnitten die Hauptkomponente an der Zusammensetzung der Sedimente ausmachen. Dieser kontinuierliche Fazieswechsel wird durch die stetig anwachsende Sedimentzufuhr bedingt. Die absolute Mächtigkeit der Sedimente ist in den hangenden Schichten am größten. Gleichzeitig mit der erhöhten Sedimentzufuhr werden charakteristische Flyschmerkmale, wie z. B. Spuren und Marken, oder „graded bedding“ durch „turbidity currents“ immer häufiger. Sie erreichen ein Maximum in den Faunenzonen K und L.

1. Kalkserie

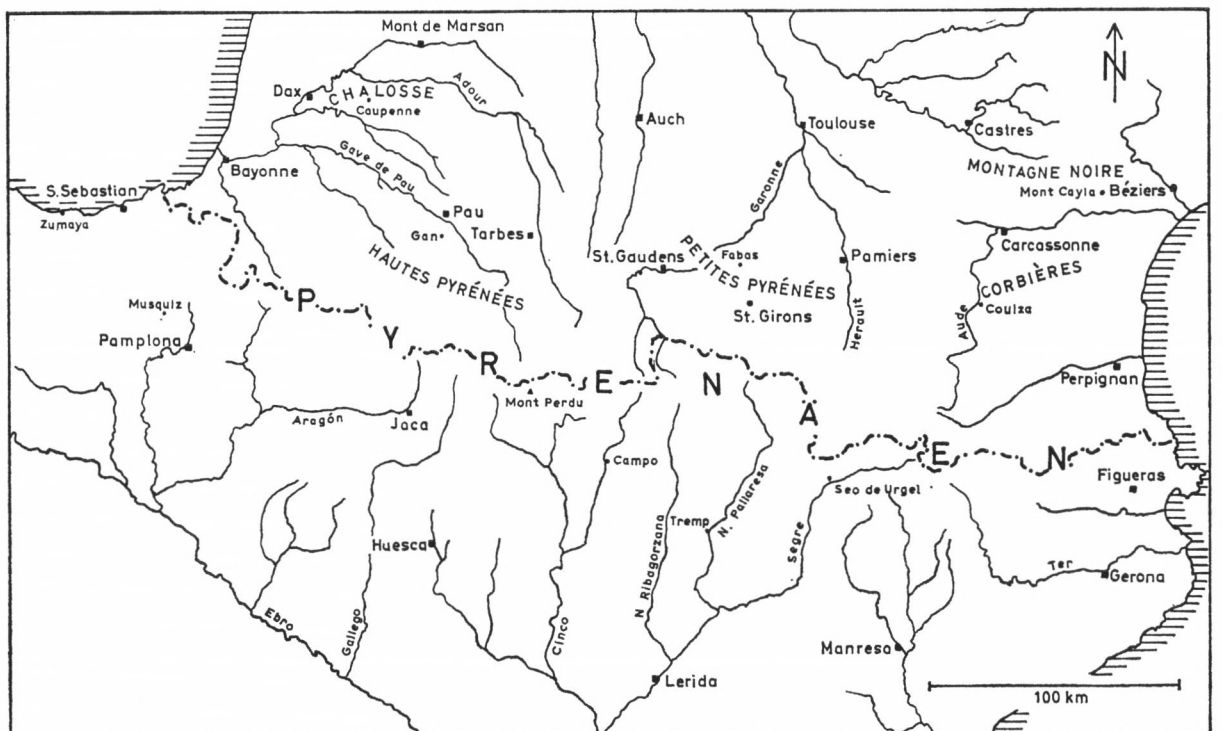
Über den roten Mergeln und Kalkmergeln des obersten Maastricht folgt an der Punta de San Telmo westlich Zumaya eine Serie dichter roter Kalke. Untergeordnet treten graue Kalke auf. Die Kalke sind gut gebankt. Die Bankmächtigkeit beträgt 5 bis 30 cm. Den Kalken zwischengeschaltet sind weichere Mergellagen, die wenige Millimeter bis 15 cm mächtig werden. Im Liegenden und Hangenden gehen die Mergel unter allmählicher Zunahme des Kalkgehaltes in die Kalke über. Die Kalkserie wird ca. 60 m mächtig und umfaßt die Faunenzonen A, B und C. Die Grenze zur Faunenzone D liegt 2,5 m über den Kalken.

2. Mergelserie

Die Mächtigkeit der Mergelserie beträgt ca. 135 m, und es gehören ihr die Faunenzonen D, E, F und der basale Teil der Zone G an. Über den roten Kalken folgen zunächst geringmächtige rote Mergel, die in graue Mergel übergehen. Ungefähr 7,5 m im Hangenden der roten Kalke tritt die letzte rote Mergellage auf. Die grauen Mergel bestehen aus einer Wechsellagerung harter, kalkreicher und weicher, kalkarmer Mergel. Nach einer Mächtigkeit von ca. 25 m sind den Mergeln, zuerst selten, dann häufiger, 5–35 cm mächtige graue Kalke und Mergelkalke eingeschaltet, die im Liegenden und Hangenden in Mergel übergehen. Im Bereich zwischen den Proben 47 und 53 (Profil 2) herrschen die Kalke vor, und die Kalkmergel sind geringmächtig. Sehr selten treten bis 10 cm mächtige feinkörnige, kalkige Psammite auf, die vorwiegend aus Organismendetritus bestehen. Über der Probe 53 werden die Kalkbänke wieder seltener, und den Mergeln sind selten feinkörnige, gegen das Liegende und Hangende scharf begrenzte Psammite mit einer Mächtigkeit von 2 bis 4 cm eingeschaltet. Selten kommen auch rote Mergellagen vor. Im Hangenden der Proben 65 und 66 tritt eine 1 m mächtige Mergelkalkbank auf, die durch Verwerfungen bedingt noch ein zweites Mal im Hangenden von Probe 76 aufgeschlossen ist.



Kartenskizze 1. Zumaya-Guetaria, Probenentnahmepunkte 137-213



Kartenskizze 2.

3. Mergelserie mit Sandsteinbänken (selten über 1 m mächtig)

Diesem ca. 300 m mächtigen Sedimentationsabschnitt gehören die Faunenzonen G, H und I₁ an. Im oberen Abschnitt der Mergelserie mit geringmächtigen Sandsteinbänken werden diese immer häufiger, und die Sedimente bestehen aus einer Wechsellagerung von 1 bis 10 cm mächtigen Mergeln, Mergelkalken und Feinsandsteinen. Die Mergel sind zum Teil tonig und plattig ausgebildet. Deutliche Schichtgrenzen sind vor allem zu den feinkörnigen Psammiten erkennbar. Von der Probe 93 bis 98 setzt sich die Schichtfolge aus einer Wechsellagerung von grauen Kalken bis Mergelkalken und feinkörnigen Sandsteinbänken bis 20 cm Mächtigkeit zusammen, denen geringmächtige Mergellagen eingeschaltet sind. Beginnend mit Probe 99 werden die Mergellagen wieder häufiger und mächtiger, vereinzelt kommen Feinsandsteinbänke mit einer Mächtigkeit bis zu 50 cm vor. Die Mergel und Tonmergel sind zum Teil feinschichtig, plattig ausgebildet. Die Schichtgrenzen sind jedoch nicht immer scharf zu bestimmen. Im Hangenden der Probe 110 tritt die erste über einen Meter mächtige Sandsteinbank auf. Den Abschluß von Profil 2 bildet an der Punta Mariantón eine insgesamt 10 m mächtige Psammitserie, die mit einer 4,5 m mächtigen mittelkörnigen Sandsteinbank beginnt. Diese Bank weist – zumindest in der unteren Hälfte – eine gradierte Schichtung auf und enthält an der grobkörnigen Basis Großforaminiferen. Darüber folgen 2,5 m mächtige feinschichtige Mergel mit einer 40-cm-Sandsteinbank. Die Psammitserie wird durch einen ebenfalls gradierten und mittelkörnigen 3 m mächtigen Sandstein beendet. Die Psammitserie ist auch östlich der Punta Mariantón – in der streichenden Fortsetzung – am Leuchtturm von Zumaya und an der Straße von Zumaya nach Guetaria (Profil 3, Probe 140) aufgeschlossen.

4. Mergelserie mit Sandsteinbänken (häufig über 1 m mächtig)

Diese Serie wird ungefähr 1000 m mächtig. Die Faunenzonen I₂, K und die untere Hälfte der Faunenzone L sind ihr zuzurechnen. Sandsteinbänke mit einer Mächtigkeit über 5 m treten selten auf. Der größte Teil der Serie besteht aus einer Wechsellagerung von zumeist feinsandigen Peliten, denen einzelne Psammitbänke eingeschaltet sind und die häufig eine gradierte Schichtung aufweisen. Fast immer beträgt die Mächtigkeit der Sandsteinbänke weniger als 40 cm. Wie bereits SEILACHER (1962) feststellte, kommen Spuren vor allem an der Unterseite der geringmächtigen Sandsteine vor.

5. Sandsteinserie mit einzelnen Mergellagen

Die obere Hälfte der Faunenzone L gehört der ca. 500 m mächtigen Sandsteinserie mit einzelnen Mergellagen an. Im Hangenden der Probe 190 werden die Sandsteinbänke dickbankig. Ihre Mächtigkeit übersteigt teilweise 5 m. Der Psammitanteil in den Mergellagen ist zum Teil hoch, und reine Mergel treten nur untergeordnet auf. In den gradierten, basalen Teilen der grobkörnigen Sandsteine kommen – zumeist vereinzelt, selten häufig – Großforaminiferen vor. Der hangendste Abschnitt der Serie (zwischen den Proben 204 und 205) wird von einem gradierten, mehrere Meter mächtigen Kalkpsammit bis Kalkpsephit gebildet, der nahezu vollständig aus Organismendetritus, Groß- und Kleinforaminiferen und umgelagerten älteren Sedimenten besteht.

6. Mergelserie mit Sandsteinbänken (selten über 5 m mächtig)

Über der Sandsteinserie folgt wieder eine Mergelserie, der die untere Hälfte der Faunenzone M angehört und die ca. 300 m mächtig wird. Der basale und hangende Abschnitt

enthält nur geringmächtige Sandsteinbänke. Im mittleren Teil sind die Psammite häufiger, herrschen gegenüber den Mergeln vor und werden bis 1,5 m mächtig.

7. Sandsteinserie mit geringmächtiger Mergelserie

Der oberste Abschnitt des Alttertiär-Profiles zwischen Zumaya und Guetaria wird auf der Halbinsel San Antón bei Guetaria von einer ca. 250 m mächtigen Sandsteinserie gebildet, der in der oberen Hälfte eine geringmächtige, an Sandsteinbänken reiche, ungefähr 35 m mächtige Mergelserie eingeschaltet ist. Die Psammite der beiden Sandsteinserien sind dickbankig und werden mehrere Meter mächtig. Selten sind den Sandsteinen geringmächtige stark sandige Mergellagen zwischengelagert. Die Sandsteine im Hangenden der geringmächtigen Mergelserie sind vorwiegend grobkörnig, zum Teil psephitisch und enthalten dann auch Großforaminiferen.

D. FAUNENZONEN NACH PLANKTONISCHEN FORAMINIFEREN

Wie bei anderen Profilen im Bereich der Tethys läßt sich auch das Alttertiär-Profil zwischen Zumaya und Guetaria mit Hilfe der sehr häufig vorkommenden planktonischen Foraminiferen in verschiedene Faunenzonen unterteilen. Ich versuchte, die Faunenzonen mit den bereits bekannten anderer Gebiete zu vergleichen und sie diesen anzugleichen. Im Bereich des oberen Paleozän (Ilerdien) und tieferen Cuisien war es notwendig und auch möglich, zusätzlich zu den bisher beschriebenen Faunenzonen weitere auszuscheiden.

Die Mächtigkeit der einzelnen Zonen nimmt vom Liegenden zum Hangenden kontinuierlich zu. Diese stetig ansteigende Mächtigkeit kann einmal erklärt werden durch die zunehmende Sedimentationsgeschwindigkeit, zum anderen dürfte die Abnahme der phylogenetischen Entwicklungsgeschwindigkeit der planktonischen Foraminiferen im Laufe des Paleozäns und Eozäns ein weiterer Grund hierfür sein. Die verschiedenen Zonen bezeichne ich mit den Buchstaben A bis M und benenne sie außerdem nach charakteristischen planktonischen Foraminiferen. Die bereits vorhandenen Namen werden – soweit als möglich – berücksichtigt. Einige Zonen konnten in Unterzonen aufgeteilt werden. Folgende Faunenzonen lassen sich unterscheiden:

Zone A: <i>Globigerina edita-trinidadensis</i> -Zone	18 m
Unterzone A ₁ : <i>Globigerina edita</i> -Unterzone	7 m
Unterzone A ₂ : <i>Globigerina trinidadensis</i> -Unterzone	11 m
Zone B: <i>Globorotalia inconstans-uncinata</i> -Zone	20 m
Zone C: <i>Globorotalia angulata</i> -Zone	24 m
Zone D: <i>Globorotalia pusilla</i> -Zone	35 m
Zone E: <i>Globorotalia pseudomenardii</i> -Zone	40 m
Zone F: <i>Globorotalia velascoensis</i> -Zone	47 m
Zone G: <i>Globorotalia subbotinae-marginodentata</i> -Zone	92 m
Unterzone G ₁ : <i>Globorotalia marginodentata</i> -Unterzone	30 m
Unterzone G ₂ : <i>Globorotalia subbotinae</i> -Unterzone	62 m
Zone H: <i>Globorotalia lensiformis</i> -Zone	145 m
Zone I: <i>Globorotalia formosa-Acarinina angulosa</i> -Zone	292 m
Unterzone I ₁ : <i>Acarinina angulosa</i> -Unterzone	117 m
Unterzone I ₂ : <i>Globorotalia formosa</i> -Unterzone	175 m
Zone K: <i>Globorotalia aragonensis</i> -Zone	460 m
Zone L: <i>Globorotalia palmerae-Acarinina aspersis</i> -Zone	820 m
Zone M: <i>Globorotalia caucasica</i> -Zone	550 m
Mächtigkeit insgesamt:	2543 m

Die Profile 1 und 2 liegen westlich Zumaya unmittelbar an der Küste und enthalten die Probenpunkte 1 bis 136 (Zone A bis Unterzone I₁). Die Fortsetzung des Profils und die Probenentnahmepunkte 137 bis 213 an der Straße von Zumaya nach Guetaria und auf der Halbinsel San Antón bei Guetaria sind dem Profil 3 und der Kartenskizze 1 zu

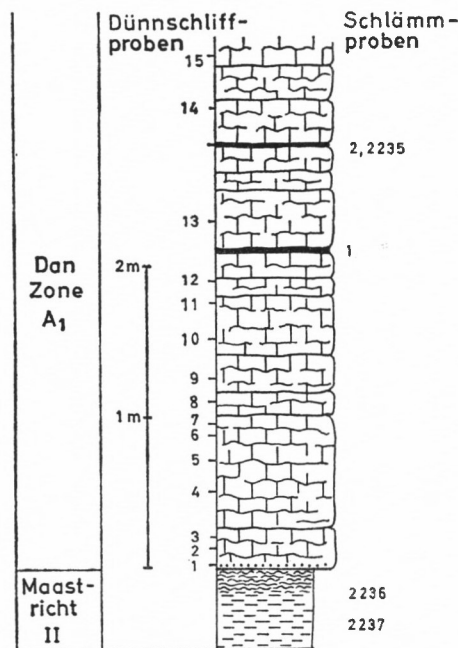
entnehmen.¹ Vorkommen und Häufigkeit der einzelnen Arten sind in den Tabellen 1 und 2 dargestellt. Dort habe ich die wahren Probenabstände im Profil eingetragen, um gleichzeitig die unterschiedliche Mächtigkeit der verschiedenen Faunenzonen, die Schärfe oder Unschärfe der Zonengrenzen und die wirkliche Verteilung der Arten im Profil anzugeben. Infolge der großen Mächtigkeit der Faunenzonen des Eozäns war es leider nicht möglich, für die Tabelle 2 den gleichen Maßstab wie in der Tabelle 1 zu wählen.

1. *Globigerina edita-trinidadensis*-Zone (A)

Diese tiefste Faunenzone des Tertiärs wird vor allem durch kleinwüchsige Globigerinen charakterisiert. Vom Liegenden zum Hangenden erfolgt eine schnelle phylogenetische Größenzunahme der Gehäuse und die Umwandlung von feinporigen, feinstacheligen Gehäusen (*Eoglobigerina* bei MOROZOVA 1959) zu solchen mit einer sogenannten „Bienenwabenstruktur“. Die Zone A läßt sich in zwei Unterzonen aufteilen.

a) *Globigerina edita*-Unterzone (A₁)

Auf die roten Mergel des obersten Maastricht II folgt an der SW-Seite der Punta de San Telmo (Profil 1 und 2) eine 1 bis 2 cm mächtige Sandsteinlage. Der Sandstein ist kreuzgeschichtet und gradiert. Die eckigen Quarzkörner besitzen einen Durchmesser bis zu 0,2 mm. Die Psammitlage dürfte unter „turbidity currents“-Bedingungen entstanden sein. Vereinzelt kommen in dem Sandstein umgelagerte Globotruncanen und Rugoglobigerinen des Maastricht II vor. Zum Hangenden hin geht der Psammit allmählich in einen zunächst sandigen, dann sandfreien grauen Kalk mit Resedimentationserscheinungen und Grabgängen über. Die mehr oder minder gut gebankten grauen Kalke werden 3,35 m

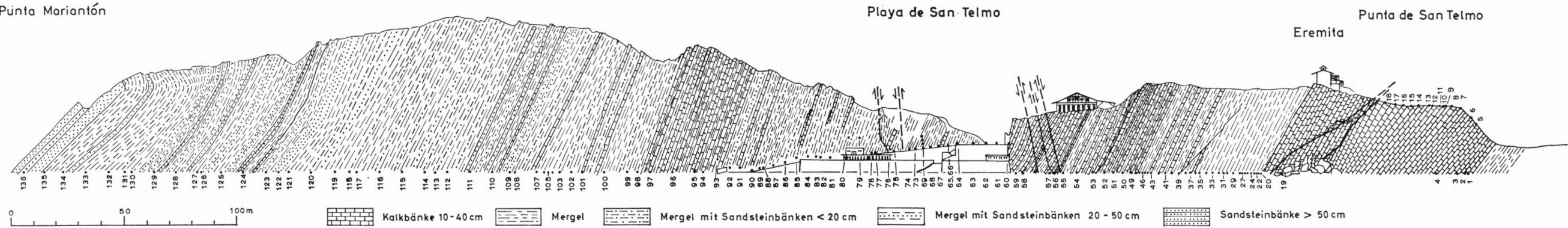


Profil 1. Kreide/Tertiär-Grenze an der Punta de San Telmo

¹ Die Proben werden unter den Nummern 4001 (= 1) bis 4213 (= 213) in der Foraminiferensammlung der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und historische Geologie aufbewahrt.

NW

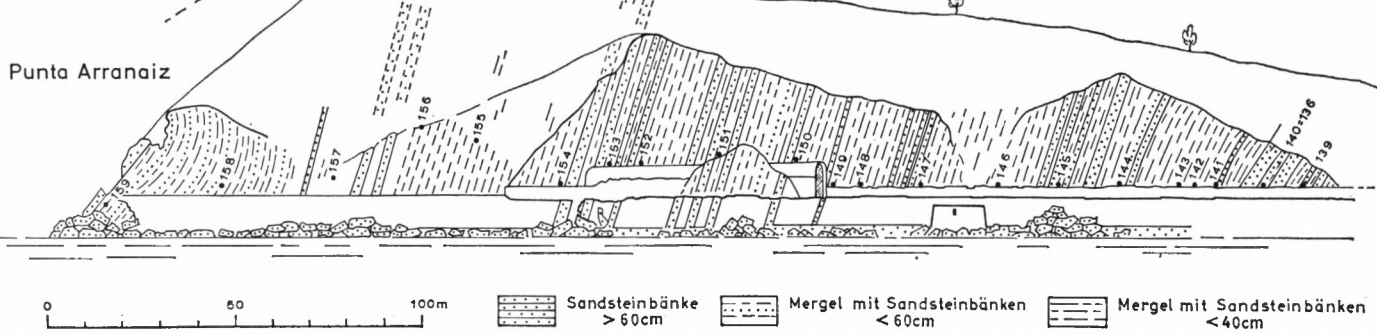
SE



Profil 2. Küste westlich Zumaya, Probenentnahmepunkte 1–136

NW

SE



Profil 3. Straße Zumaya – Guetaria zwischen km 34 und 35

mächtig. Im hangenden Teil sind ihnen zwei 3 bis 4 cm mächtige graue Kalkmergellagen eingeschaltet. Über den grauen Kalken folgen die vorwiegend roten Kalke mit geringmächtigen Mergellagen der Punta de San Telmo.

Die erste 25 cm mächtige graue Kalkbank enthält selten Globigerinen mit einem Durchmesser bis zu 0,125 mm. In den hangenden Kalkbänken werden dann die Globigerinen häufiger, und es erfolgt eine schnelle Größenzunahme der Gehäuse. 50 cm über den Mastrichtmergeln besitzen die Globigerinen bereits einen Gehäusedurchmesser bis zu 0,2 mm, bei 65 cm bis zu 0,225 und ab 90 cm bis zu 0,325 mm. Neben den Globigerinen sind in den Kalken an Foraminiferen am häufigsten Chiloguembelinen vorhanden, die ebenfalls planktonisch lebten. Sehr selten kommen benthonische Kalk- und Sandschaler vor. Die geringmächtigen Mergellagen enthalten die kleinwüchsigen Globigerinen und eine mäßig reiche benthonische Kalk- und Sandschalerfauna. Für die Unterzone A₁ sind die Globigerinenarten *G. pseudobulloides* PLUMMER, *G. triloculinoides* PLUMMER und *G. edita* SUBBOTINA charakteristisch. Sehr ähnliche kleinwüchsige Globigerinen mit einem Durchmesser von 0,1 bis 0,15 mm treten bereits neben den großwüchsigen Globotruncanen des obersten Mastricht auf und werden hier der Gattung *Hedbergella* zugerechnet. Formen, die sich mit *G. edita* vergleichen ließen, kommen im Mastricht noch nicht vor.

LUTERBACHER & PREMOLI SILVA (1964) führen für die über dem höchsten Mastricht folgenden tiefsten Schichten des Paleozäns die „zona a *Globigerina eugubina*“ ein. Diese Zone unterscheidet sich von der anschließenden „zona a *Globigerina pseudobulloides*/*Globigerina daubjergensis*“ vor allem durch die geringe Größe der Globigerinen (0,1 bis 0,2 mm). LUTERBACHER & PREMOLI SILVA beschreiben 5 neue Globigerinen-Arten, die von *G. pseudobulloides*, *G. triloculinoides* und *G. edita* vor allem auf Grund der kleineren Gehäuse abgetrennt werden. Die von LUTERBACHER & PREMOLI SILVA beschriebene „zona a *Globigerina eugubina*“ erreicht in dem von diesen Autoren untersuchten Gebiet eine Mächtigkeit bis zu 50 cm. Im Profil von Zumaya könnten die untersten 50 cm der grauen Kalkbank (Profil 1) mit der „zona a *Globigerina eugubina*“ verglichen werden. Es scheint mir jedoch nicht gerechtfertigt, für diesen geringmächtigen Horizont – auch bei Profilen mit sonst mächtiger Sedimentation – eine eigene Zone auszuscheiden. Außerdem treten sehr ähnliche kleinwüchsige Globigerinen auch schon im oberen Mastricht auf, und die Größenzunahme der Gehäuse erfolgt ganz allmählich. Inwieweit hierbei ökologische Faktoren eine Rolle spielen, kann heute noch nicht gesagt werden.

Der *Globigerina edita*-Unterzone entspricht bei LUTERBACHER & PREMOLI SILVA (1964) die „zona a *Globigerina eugubina*“ und die „zona a *Globigerina pseudobulloides*/*Globigerina daubjergensis*“.

b) *Globigerina trinidadensis*-Unterzone (A₂)

Die Unterzone A₂ stimmt mit der „*Globorotalia trinidadensis*-Zone“ bei BOLLI (1957 a) und anderen Autoren überein.

In der *Globigerina trinidadensis*-Unterzone kommen an neuen Arten *Globigerina varianta* SUBBOTINA, *Globigerina trinidadensis* BOLLI und *Globorotalia compressa* PLUMMER hinzu. *G. trinidadensis* geht aus *G. edita* hervor, die noch im tiefsten Teil der Unterzone A₂ vorkommt. *G. daubjergensis* BRONNIMANN ist äußerst selten.

2. *Globorotalia inconstans-uncinata*-Zone (B)

Die Zone B ist gleichaltrig mit der „Subzone der *Globigerina inconstans*“ bei ALIMARINA (1963) sowie der „*Globorotalia uncinata*-Zone“ bei BOLLI (1957 a).

Zusätzlich zu den bereits in der Unterzone A₂ vorhandenen Arten treten in der Zone B neu auf: *Globorotalia inconstans* (SUBBOTINA) im tieferen Abschnitt und die aus dieser Art hervorgehende *Globorotalia uncinata* BOLLI im höheren Teil. Übergangsformen von *Globorotalia uncinata* zu *Globorotalia angulata* (WHITE) kommen in der höchsten Probe der Zone B erstmals vor.

Globigerina daubjergensis ist auch in der Zone B zumeist äußerst selten. Die in der Probe 8 gefundenen Exemplare sind für diese Art großwüchsig (Durchmesser bis 0,2 mm), und sie besitzen eine hohe, zugespitzte Dorsalseite, wie sie nach HOFKER (1960, 1962) vor allem die Endformen der Entwicklungsreihe von *G. daubjergensis* haben. Sie sehen auch sehr ähnlich wie die von BROTZEN & POZARYSKA (1961) als *Globigerina kozlowskii* bezeichnete Art aus. Zusätzliche Mündungen an den Kammersuturen konnte ich auf Grund des ungünstigen Erhaltungszustandes nicht beobachten. Eine *Catapsydrax*-artige Endkammer tritt nicht auf.

3. *Globorotalia angulata*-Zone (C)

Die Zone C entspricht der unteren Hälfte der „*Globorotalia pusilla pusilla*-Zone“ bei BOLLI (1957 a) und wahrscheinlich der „*Acarinina angulata*-Subzone“ bei ALIMARINA (1963). An neuen Arten erscheinen an der Basis dieser Zone *Globorotalia angulata* (WHITE), *Globorotalia ehrenbergi* BOLLI und *Globorotalia pusilla* BOLLI. *Globorotalia ehrenbergi* geht aus *G. compressa* hervor und ist mit dieser durch Übergangsformen verbunden. Im mittleren Teil der Zone C entwickelt sich aus *Globigerina triloculinoides* *Globigerina linaperta* FINLAY und *Globigerina triangularis* WHITE. Bei *Globorotalia angulata* erfolgt innerhalb der Zone C eine Zunahme der Gehäusegröße. Sie besitzt vier bis sechs Kammern im letzten Umgang. *Globorotalia uncinata* kommt neben *Globorotalia angulata* nur noch im unteren Abschnitt der Zone C vor.

4. *Globorotalia pusilla*-Zone (D)

Die obere Hälfte der BOLLISchen „*Globorotalia pusilla pusilla*-Zone“ kann als eigene Zone ausgeschieden werden. Im Grenzbereich von Zone C zu D entwickelt sich aus *Globorotalia angulata* durch weitere Zunahme der Kammerzähl und Ausbildung eines peripheren Kiels *Globorotalia velascoensis* (CUSHMAN). *Globorotalia angulata* ist in der Zone D selten bis sehr selten und geht im mittleren Teil der Zone in *Globorotalia aequa* CUSHMAN & RENZ über, wird jedoch erst in den höchsten Proben der Zone D häufiger. Im unteren Abschnitt kommt sehr selten bis selten *Globigerina spiralis* BOLLI vor und ist im mittleren Teil durch Übergangsformen mit *Acarinina mckannai* (WHITE) verbunden. Im Bereich der Proben 33 und 34 entsteht aus *Globorotalia ehrenbergi* *Globorotalia pseudomenardii* BOLLI, die allerdings erst in der folgenden Faunenzone häufiger als *G. ehrenbergi* wird. Im oberen Bereich der Zone D entwickelt sich aus *Globigerina linaperta* *Globigerina velascoensis* CUSHMAN. Diese Art tritt in den höchsten Proben der Zone D bereits häufig auf.

5. *Globorotalia pseudomenardii*-Zone (E)

Die Zone E stimmt mit der „*Globorotalia pseudomenardii*-Zone“ BOLLIS (1957 a) überein. Wie auch in Trinidad (British West Indies) wird im Profil von Zumaya die Grenze zur liegenden Zone durch die plötzliche Änderung der Windungsrichtung bei *Globorotalia velascoensis* charakterisiert. In der Probe 43 sind erst 55 % der Gehäuse links gewunden, während 1,5 m hangend in der Probe 44 bereits 95 % der Exemplare links gewunden sind. Diese Windungsrichtung wird bis zum Aussterben der Art mit 91 bis 99 % beibehalten.

Außerdem erfolgt bei *G. velascoensis* eine stetige Zunahme der Kammerzahl im letzten Umgang. In der Zone D sind es 4 bis 7 Kammern mit einem Häufigkeitsmaximum bei 5 bis $5\frac{1}{2}$ und in der Zone F 4 bis 8 mit einem Häufigkeitsmaximum von 6 Kammern im letzten Umgang. *Globorotalia angulata* ist gleichmäßig links und rechts gewunden. Die Änderung der Windungsrichtung bei *Globorotalia aequa* beginnt bereits in der Zone D, erfolgt jedoch allmählicher als bei *G. velascoensis*, und erst in der oberen Hälfte der Zone E sind über 90% der Gehäuse rechts gewunden. Noch langsamer geht die Änderung der Windungsrichtung bei *Globorotalia ehrenbergi-pseudomenardii* vor sich. Im untersten Abschnitt der Zone E sind beide Arten noch gleichmäßig links und rechts gewunden. Beginnend mit Probe 51 vollzieht sich dann ein allmählicher Wechsel der Windungsrichtung. Im Grenzbereich zur Zone F sind 80% der Gehäuse links gewunden.

Im Grenzbereich von Zone D zu E entsteht aus *Globorotalia ehrenbergi* *Globorotalia simplex* HAQUE (= *Globorotalia elongata* bei BOLLI 1957 a), die zunächst mit *G. ehrenbergi* durch Übergangsformen verbunden ist, sich jedoch dann selbständig weiterentwickelt und wie in Trinidad gleichmäßig links und rechts gewunden ist. *Globorotalia ehrenbergi* wird im unteren Teil der Zone E immer seltener und stirbt aus. Ab Probe 49 kommen selten zusammen mit *Globigerina velascoensis* Übergangsformen zu *Acarinina primitiva* (FINLAY) vor, und beginnend mit der Probe 54 erscheint diese Art selbst.

6. *Globorotalia velascoensis*-Zone (F)

Nach BOLLI (1957 a) wird die Grenze *Globorotalia pseudomenardii*/*Globorotalia velascoensis* Zone durch das Aussterben von *Globorotalia pseudomenardii* und das erste Auftreten von *Acarinina soldadoensis* (BRONNIMANN) gekennzeichnet. In Trinidad ist *Globorotalia pseudomenardii* in der obersten Probe der *G. pseudomenardii*-Zone zu 80 bis 85% links gewunden. Im Profil von Zumaya treten die ersten Übergangsformen von *Acarinina primitiva* zu *Acarinina soldadoensis* (BRONNIMANN) in den höchsten Proben der Zone E auf. Die Grenze von Zone E zu F wird dort hingelegt, wo erstmals *Acarinina soldadoensis* s. str. erscheint. In der letzten Probe der Zone E sind 80% der Gehäuse von *Globorotalia pseudomenardii* links gewunden. Die Art kommt jedoch noch im unteren Teil der Zone F vor und ist in den höchsten Proben, die diese Art enthalten, zu 90% links gewunden. Im unteren Abschnitt der Zone F entsteht aus *Globorotalia pusilla* *Globorotalia pseudoscutula* GLAESSNER. Durch dorsoventrale Abflachung und eine Verbreiterung des peripheren Kiels entwickelt sich ab der Probe 62 aus *Globorotalia aequa* *Globorotalia marginodentata* SUBBOTINA. *Globorotalia marginodentata* s. str. tritt jedoch erst in den beiden höchsten Proben der Zone F auf. Im oberen Abschnitt der Zone F geht aus *Globorotalia simplex* *Globanomalina ovalis* HAQUE (= *Globigerina pseudoiota* HORNIBROOK) hervor. *Globanomalina ovalis* stellt eine Übergangsform zur völlig planispiralen *Pseudohastigerina eocenica* BERGGREN dar. BERGGREN (1964) stellt bereits fest, daß es sich bei dieser Art um ein sehr gutes Leitfossil handelt.

Acarinina pentacamerata (SUBBOTINA) geht im höheren Teil der Zone F aus *Acarinina mckennai* hervor. *Acarinina wilcoxensis* (CUSHMAN) und *Acarinina quetra* (BOLLI) treten in den höchsten Proben der Zone F erstmals selten bis sehr selten auf. Probe 71 enthält selten die letzten großwüchsigen Gehäuse von *Globorotalia velascoensis*. Kleinwüchsige Exemplare dieser Art kommen noch sehr selten bis zur Probe 74 vor.

7. *Globorotalia subbotinae-marginodentata*-Zone (G)

Dieser Zone entspricht die „*Globorotalia rex*-Zone“ bei BOLLI (1957 a). *Globorotalia rex* MARTIN bei BOLLI (1957 a) ist synonym mit *Globorotalia subbotinae* MOROZOVA. Die *Globo-*

rotalia wilcoxensis-aequa und die *Globorotalia marginodentata*-Subzone bei ALIMARINA (1963) ist mit der Zone G gleich alt. Sie läßt sich in zwei Unterzonen untergliedern.

a) *Globorotalia marginodentata*-Unterzone (G_1)

Im tiefsten Teil der Unterzone G_1 entwickelt sich wahrscheinlich aus *Globorotalia simplex* HAQUE eine Art, die zu „*Globigerina*“ *prolata* BOLLI überleitet. Beginnend mit der Probe 77 kommt neben *Globorotalia aequa* und *G. marginodentata* auch *Globorotalia subbotinae* MOROZOVA vor, die durch Übergangsformen mit beiden Arten verbunden ist.

b) *Globorotalia subbotinae*-Unterzone (G_2)

Zusätzlich zu den schon in der Unterzone G_1 vorhandenen Arten treten in der *Globorotalia subbotinae*-Unterzone erstmals selten bis sehr selten kleinwüchsige Gehäuse von *Globorotalia lensiformis* SUBBOTINA auf. Die Kammerzahl ist bei diesen Exemplaren im letzten Umgang noch gering (3, selten 4), und die Windungsrichtung der Gehäuse ist im Gegensatz zu *Globorotalia aequa*, *G. marginodentata* und *G. subbotinae* bei *Globorotalia lensiformis* in den meisten Proben vorwiegend links.

Das Häufigkeitsmaximum der verschiedenen Arten der Formenreihe *Globorotalia aequa* – *marginodentata* – *subbotinae* liegt im Grenzbereich von Zone F zu G noch bei *Globorotalia aequa*. In der Unterzone G_1 nehmen dann *Globorotalia marginodentata* und *G. subbotinae* an Häufigkeit zu, *Globorotalia aequa* wird immer seltener, bis nur noch *Globorotalia marginodentata* und *G. subbotinae* vorhanden sind. Gleichzeitig mit dieser Verschiebung des Häufigkeitsmaximums erfolgt eine Zunahme der Kammerzahl bis zu 5 Kammern im letzten Umgang.

Im untersten Abschnitt der Unterzone G_2 geht *Globanomalina ovalis* allmählich in die fast völlig planispirale *Pseudohastigerina eocenica* BERGGREN über, während *Globanomalina ovalis* zum Hangenden hin immer seltener wird.

8. *Globorotalia lensiformis*-Zone (H)

Die Zone H ist wahrscheinlich mit dem tieferen Teil der „*Truncorotalia lensiformis* Subzone“ bei ALIMARINA (1963) gleichaltig. Die Grenze zur Zone G wird bei der *Globorotalia aequa*-Reihe durch das erste Auftreten von Gehäusen mit sechs Kammern im letzten Umgang markiert, die bereits *Globorotalia formosa* BOLLI s. str. zugerechnet werden können. Innerhalb der Zone H werden bei dieser Art bis zu sieben Kammern im letzten Umgang angelegt. *Globorotalia marginodentata* s. str. wird im unteren Abschnitt der Zone H immer seltener und schließlich von *Globorotalia subbotinae* und *Globorotalia formosa* verdrängt.

Globorotalia lensiformis ist in der Zone H häufig, und es tritt ebenfalls eine allmähliche Vermehrung der Kammerzahl ein. Im letzten Umgang sind bis zu fünf Kammern vorhanden, das Häufigkeitsmaximum liegt im tieferen Teil der Zone H zwischen $3\frac{1}{2}$ und 4 und in der oberen Hälfte zwischen 4 und $4\frac{1}{2}$ Kammern. Im obersten Abschnitt der Zone G_2 und im tieferen Teil der Zone H ist *Globorotalia lensiformis* rechts gewunden. Beginnend mit der Probe 104 ist dann die Windungsrichtung wieder vorwiegend rechts. Bei *Globorotalia subbotinae* und *G. formosa* herrscht in der unteren Hälfte der Zone H eine rechte Windungsrichtung der Gehäuse vor, in der oberen eine linke und rechte. *Globorotalia formosa* hat außerdem die Tendenz, vorwiegend links gewundene Gehäuse auszubilden. Mit Beginn der Zone H treten erstmals Acarininen auf, die sich von *Acarinina soldadoensis*

s. str. durch die eckigere Kammerform unterscheiden und als Vorläufer von *Acarinina angulosa* BOLLI angesehen werden können, jedoch von dieser Art durch die noch geringere Kammerzahl (maximal 4) abweichen. *Acarinina wilcoxensis* kommt nur noch in der unteren Hälfte der Zone H vor. Im oberen Drittel dieser Zone spaltet sich von *Globigerina linaperta* eine Art ab, die zu *Globigerina inaequispira* SUBBOTINA s. str. (= non *G. inaequispira* bei HILLEBRANDT 1962b) überleitet und im Gegensatz zu dieser eine geringere Kammerzahl (maximal 3) im letzten Umgang aufweist. Ab der Probe 102 kommt eine als *Globigerina* cf. *turgida* FINLAY zu bezeichnende Art selten bis häufig vor, die eine hohe, z. T. zugespitzte Spiralseite besitzt. Wahrscheinlich handelt es sich bei *Globigerina* cf. *turgida* um einen Vorläufer von *Globigerina turgida*.

9. *Globorotalia formosa-Acarinina angulosa*-Zone (I)

Die Zone I läßt sich in zwei Unterzonen aufteilen, deren Grenzen zueinander allerdings nicht sehr scharf sind. Die Zone I, zumindest aber die Unterzone I₂, entspricht der „*Globorotalia formosa*-Zone“ bei BOLLI (1957 a).

a) *Acarinina angulosa*-Unterzone (I₁)

Die höchsten Proben der Zone H enthalten bereits Übergangsformen von *Globorotalia lensiformis* zu *Globorotalia aragonensis* NUTTALL. In der tiefsten Probe der Unterzone I₁ treten erstmals sehr selten Gehäuse mit sechs Kammern im letzten Umgang auf, die als *Globorotalia aragonensis* bezeichnet werden können. Neben den Übergangsformen von *Acarinina soldadoensis* zu *Acarinina angulosa* sind in der Unterzone I₁ auch Exemplare vorhanden mit bis zu fünf Kammern im letzten Umgang, die *Acarinina angulosa* s. str. zuzurechnen sind.

Globorotalia lensiformis und *Globorotalia aragonensis* sind in der Unterzone I₁ vorwiegend links gewunden. Bei *Globorotalia subbotinae* kommen sowohl linke als auch rechte Gehäuse vor, während bei *Globorotalia formosa* (bis 7½ Kammern im letzten Umgang) in den meisten Proben links und in den höchsten Proben rechts gewundene Exemplare überwiegen.

b) *Globorotalia formosa*-Unterzone (I₂)

In der Unterzone I₂ wird *Acarinina angulosa* s. str. immer zahlreicher, besitzt außerdem häufig eine noch stärker zugeschärfte Peripherie, und die Kammerform ist noch eckiger als bei *A. cf. angulosa*. Im Grenzbereich von Unterzone I₁ zu I₂ tritt erstmals neben *Pseudohastigerina eocenica* selten bis sehr selten eine Übergangsform zu *Pseudohastigerina micra* (COLE) auf.

Die Windungsrichtung bei den „Truncorotalien“ der Unterzone I₂ ist sehr uneinheitlich. *Globorotalia subbotinae* ist zumeist rechts gewunden, in einzelnen Proben kommen aber auch zahlreiche Exemplare mit entgegengesetzter Windungsrichtung vor. *Globorotalia formosa* ist in den meisten Proben rechts gewunden, vereinzelt links und rechts oder nur links. Bei *Globorotalia lensiformis* und *Globorotalia aragonensis* sind in den tieferen Proben sowohl links als auch rechts gewundene Gehäuse vorhanden, während in der oberen Hälfte der Unterzone I₂ wieder links gewundene Exemplare vorherrschen.

10. *Globorotalia aragonensis*-Zone (K)

Die Zone K stimmt mit der „*Globorotalia aragonensis*-Zone“ bei BOLLI (1957 a) überein. Die „*Truncorotalia aragonensis*-Zone“ bei ALIMARINA (1963) umfaßt wahrscheinlich die

Zonen H bis M. Die Zone K beginnt mit dem ersten Auftreten von *Globigerina turgida* FINLAY s. str. und *Globigerina inaequispira* SUBBOTINA s. str. In der oberen Hälfte der Unterzone I₂ besitzt *Globigerina inaequispira* s. l. bereits selten bis häufig 3½ Kammern im letzten Umgang. In der Zone K sind zu Beginn noch selten, dann häufiger vier Kammern vorhanden. Typisch ist für diese Art auch die zunehmend stärker eingesenkte Spiralseite, die ihr ein *Globorotalia*-ähnliches Aussehen verleiht.

Globorotalia lensiformis kommt in der Zone K nicht mehr vor, und *Globorotalia subbotinae* wird immer seltener. Die Windungsrichtung bei *Globorotalia aragonensis* und *Globorotalia formosa* ist sehr unterschiedlich. In sieben Proben überwiegen bei *Globorotalia aragonensis* die links gewundenen Gehäuse, während in vier Proben sowohl links als auch rechts gewundene Exemplare auftreten. Bei *Globorotalia formosa* ist in sieben Proben der Zone K die Windungsrichtung der Gehäuse links und rechts, in drei Proben herrschen rechts und bei einer links gewundene Exemplare vor. Die Kammerzahl ist bei beiden Arten im letzten Umgang im Durchschnitt größer als in der Unterzone I₂. *Globorotalia aragonensis* besitzt maximal sieben und *Globorotalia formosa* bis zu acht Kammern.

Beginnend mit der Probe 166 tritt *Globigerina nuttalli* (HAMILTON) auf, die als Vorläufer von *Globigerina lozanoi* COLOM angesehen werden kann. Neben *Pseudohastigerina* cf. *micra* kommt selten im oberen Drittel auch *Pseudohastigerina micra* s. str. erstmals vor. Im untersten Abschnitt der Zone K spaltet sich von *Globorotalia planoconica* SUBBOTINA *Globorotalia renzi* BOLLI ab. Im Gegensatz zu *Globorotalia planoconica*, die gleichmäßig links und rechts gewunden ist, überwiegt bei *Globorotalia renzi* die Windungsrichtung rechts.

In der Zone K erscheinen bei der *Acarinina soldadoensis*-Gruppe selten Gehäuse mit bis zu sieben Kammern im letzten Umgang, die *Acarinina aspensis* (COLOM) zugerechnet werden können.

11. *Globorotalia palmerae*-*Acarinina aspensis*-Zone (L)

Die Zone L ist mit der „*Globorotalia palmerae*-Zone“ bei BOLLI (1957 a) – zumindest jedoch mit deren unterem Teil – gleichzusetzen.

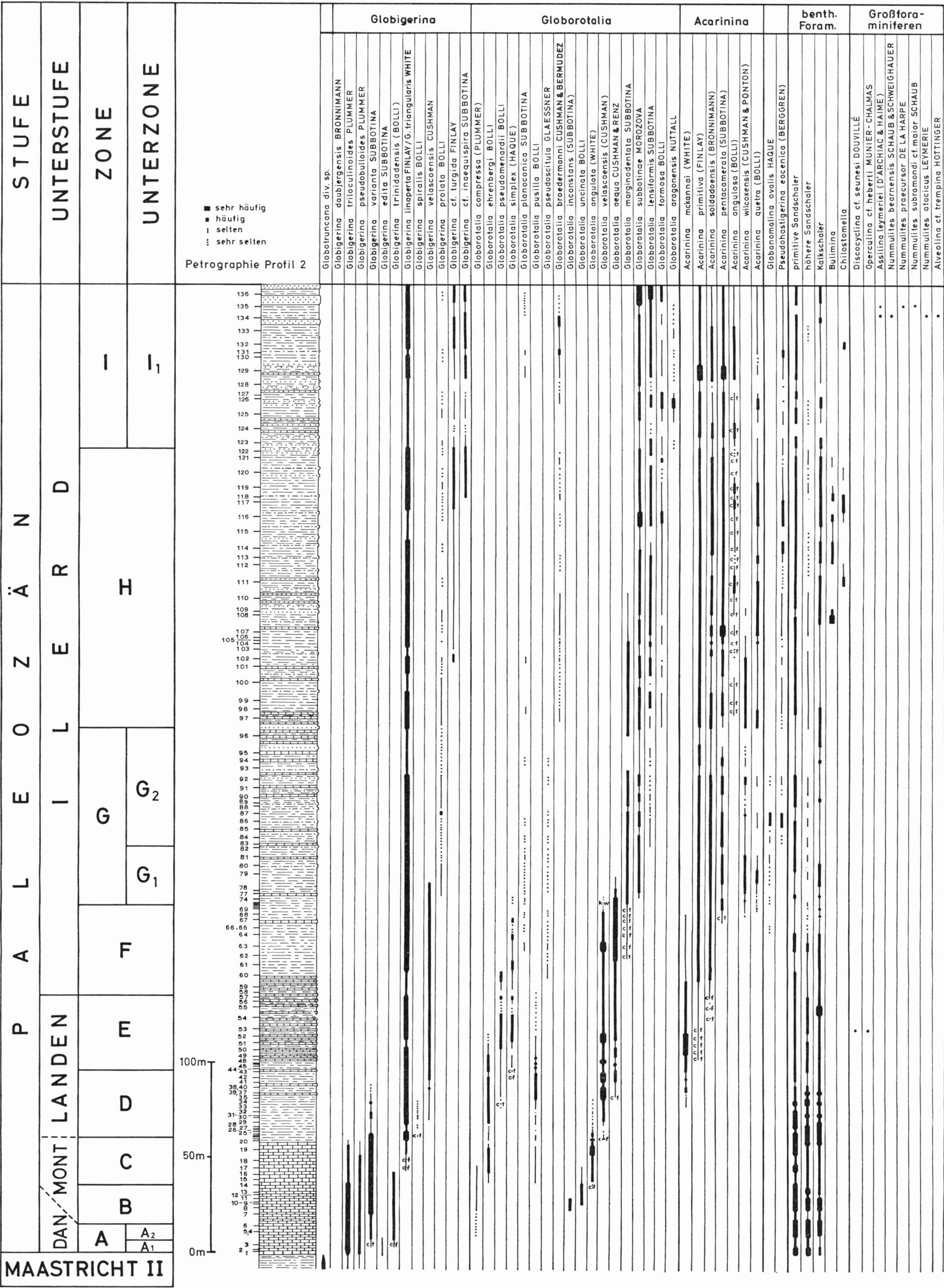
An neuen Arten treten *Globigerina lozanoi* COLOM (= *Globigerinoides higginsi* BOLLI der „*Globorotalia palmerae*-Zone“ bei BOLLI [1957 a]) und *Globigerina senni* BECKMANN auf. Bei *Globorotalia aragonensis* und *Globorotalia formosa* sind ab Probe 179 über 90% der Gehäuse links gewunden. Aus *Globorotalia formosa* geht in der Zone L *Globorotalia caucasica* GLAESSNER hervor. Extremformen dieser Art mit weit geöffnetem Nabel und einem breiten peripheren und axialen Kiel sind allerdings erst im obersten Abschnitt dieser Zone selten vorhanden.

In den Proben 186 und 187 kommt neben *Globorotalia renzi* BOLLI eine dieser nahestehende Art vor, deren Kammern an der axialen Peripherie weniger stark ausgezogen und zugespitzt sind, als dies bei *Globorotalia palmerae* CUSHMAN & BERMUDEZ (bei BOLLI 1957 b) der Fall ist.

Mit Beginn der Zone L treten *Acarinina* auf, die bis zu sieben Kammern im letzten Umgang und einen engen Nabel besitzen. Diese Art kann am besten *Acarinina nitida* (MARTIN) zugeordnet werden. *Acarinina aspensis* und *Pseudohastigerina micra* sind häufiger als in der Zone K.

Globigerina inaequispira zeichnet sich in der Zone L durch eine noch kräftiger eingesenkte Spiralseite aus, und die Kammern nehmen im letzten Umgang sehr schnell an Größe zu. Übergangsformen von *Globigerina triangularis* zu *Globigerina eocaena* GÜMBEL erscheinen

TABELLE 1



PALEO-ZAN

ILERD

E O Z Ä N

C U I S E

unteres

mittleres

oberes

STUFE

UNTERSTUFE

ZONE

UNTERZONE

1

2

500 m

139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213

sehr häufig

häufig

selten

sehr selten

Großforaminiferen

Mergel mit Sandsteinbänken < 5 m

Sandsteinbänke > 5 m

Globigerina

Globigerina linaperta FINLAY/G. triangularis WHITE

Globigerina cf. inaequispira SUBBOTINA

Globigerina inaequispira SUBBOTINA

Globigerina prolata BOLLI

Globigerina cf. eocaena GÜMBEL

Globigerina eocaena GÜMBEL

Globigerina cf. turgida FINLAY

Globigerina turgida FINLAY

Globigerina senni BECKMANN

Globigerina nuttallii (HAMILTON)

Globigerina lozanoi COLOM

Globigerina rohri (BRONNIMANN & BERMUDEZ)

Globorotalia planoconica SUBBOTINA

Globorotalia renzi BOLLI

Globorotalia cf. palmerae CUSHMAN & BERMUDEZ

Globorotalia braedermanni CUSHMAN & BERMUDEZ

Globorotalia subbotinae MOROZOWA

Globorotalia lensiformis SUBBOTINA

Globorotalia aragonensis NUTTALL

Globorotalia formosa BOLLI

Globorotalia caucasica GLAESSNER

Acarinina primitiva (FINLAY)

Acarinina soldadoensis (BRONNIMANN)

Acarinina angulosa BOLLI

Acarinina penlacamerata (SUBBOTINA)

Acarinina aspersa (COLOM)

Acarinina nitida (MARTIN)

Acarinina quetra (BOLLI)

Acarinina bullbrookii (BOLLI)

Pseudohastigerina eocenica BERGÖREN

Pseudohastigerina cf. micro (COLE)

Pseudohastigerina micro (COLE)

Clavigerinaella sp.

höhere Sandschaler

Kalkschaler

Cyclamina

Bulimina

Chilostomella

Assilina leymeriei (D'ARCHIAC & HAIME)

Assilina plocentula (DESHAYES)

Assilina laxispira (D.L. HARPE)

Assilina reichelti SCHAUB

Assilina maior (HEIM)

Nummulites burdigalensis DE LA HARPE

Nummulites burdigalensis minor DE LA HARPE

Nummulites burdigalensis ssp. a bei SCHAUB 1951

Nummulites burdigalensis ssp. b bei SCHAUB 1951

Nummulites cf. inkerianensis SCHAUB

Nummulites cf. gallensis HEIM

Nummulites subramondi maior SCHAUB

Nummulites cf. pustulosus DOUVILLE

Nummulites praecursor DE LA HARPE

Nummulites alacicus LEYMERIE

Nummulites parisi DE LA HARPE

Nummulites parisi cf. delvineensis ROZLOZNIK

Nummulites cf. praelucasi DOUVILLE

Nummulites leupoldi SCHAUB

Nummulites vonderschmitti SCHAUB

Nummulites vonderschmitti tenuis SCHAUB

Nummulites jacquati DE LA HARPE

Nummulites aquitanicus BENOIST

Nummulites laevigatus-Reihe

Nummulites cf. buxtorfi SCHAUB

Nummulites archiaci SCHAUB

Alveolina cf. minuta CECCHIA-RISPOLI

Alveolina distefanoi CECCHIA-RISPOLI

Alveolina rustmeyer HOTTINGER

Alveolina cf. crenae CECCHIA-RISPOLI

Alveolina cf. rugosa HOTTINGER

erstmals in der unteren Hälfte der Zone L. Infolge der noch nicht so stark eingeschnittenen Kammersuturen sind die Kammern nicht ganz so kugelig ausgebildet wie bei *Globigerina eocaena*.

12. *Globorotalia caucasica*-Zone (M)

In der Zone M überwiegen die Extremformen von *Globorotalia caucasica*. *Acarinina bullbrookii* tritt neben den anderen Acarininen häufig auf. Übergangsformen dieser Art zu *Acarinina quetra* kommen bereits in der Zone L vor.

Pseudohastigerina cf. *micra* findet sich nur noch in den tiefsten Proben der Zone M. In der Probe 207 sind sehr selten kleinwüchsige Gehäuse einer *Pseudohastigerina* vorhanden, die an der Peripherie ausgezogene Kammern besitzt, wie sie die Gattung *Clavigerinella* aufweist. Möglicherweise handelt es sich um eine Art, die zwischen der Gattung *Pseudohastigerina* und der erstmals im unteren Lutet auftretenden Gattung *Clavigerinella* steht. Probe 210 enthält *Globigerina eocaena* s. l., die nicht mehr die eckigen Kammern der Übergangsformen von *Globigerina triangularis* zu *Globigerina* cf. *eocaena* haben und die sich nur durch die etwas engere „Maschenweite“ der sogenannten „Bienenwabensstruktur“ von *Globigerina eocaena* s. str. unterscheiden. *Globigerina prolata* wurde nur in den tiefsten Proben der Zone M gefunden.

In der Probe 203 (Zone L) treten Übergangsformen von *Globorotalia broedermanni* zu „*Globigerina*“ *rohri* (BRONNIMANN & BERMUDEZ) auf. *G. rohri* ist in der unteren Hälfte der Zone M noch sehr selten, in der oberen selten. Die für diese Art typischen Suturalmündungen auf der Spiralseite konnten auf Grund des hierfür zu ungünstigen Erhaltungszustandes nicht beobachtet werden.

E. GROSSFORAMINIFEREN-HORIZONTE

Im höheren Paleozän und im Eozän kann das marine Alttertiär – besonders im Tethysbereich – außer mit planktonischen Foraminiferen vor allem auch durch Großforaminiferen in Faunenzonen eingeteilt werden. Bei den Nummulitidae sind es besonders die Gattungen *Nummulites* und *Assilina* und bei den Miliolina die Gattungen *Glomalveolina* und *Alveolina*, mit denen feinstratigraphische Gliederungen möglich sind. Die Arbeiten von SCHAUB (1951 usw.) und HOTTINGER (1960) beweisen, daß es möglich ist, das Alttertiär in zahlreiche Faunenzonen nach Großforaminiferen zu unterteilen. Diese Zonen konnten im Eozän mit den verschiedenen Stufen des Alttertiärs verglichen werden. Bei den planktonischen Foraminiferen ist dies nur im Danien möglich, da an sämtlichen anderen Typlokalitäten der Alttertiär-Stufen keine oder höchstens nur sehr arme planktonische Faunen vorkommen. Aus diesem Grunde ist es notwendig, die Faunenzonen nach planktonischen Foraminiferen mit denen nach Großforaminiferen zu vergleichen. Dies ist jedoch nicht einfach, da die Assilinen, Nummuliten und Alveolinen in einem anderen Faziesbereich lebten und nur sehr selten primär zusammen mit planktonischen Foraminiferen vorkommen. Besonders schwierig gestaltet sich ein Vergleich mit den Alveolinen-Biozonen HOTTINGERS, da die Alveolinidae als Lebensraum den litoralen Bereich bevorzugten, wo nur selten planktonische Foraminiferen anzutreffen sind. Der Lebensbereich der Nummulitidae lag etwa zwischen dem der Alveolinidae und dem der planktonischen Foraminiferen. Die Aussichten, in Sedimenten mit Nummuliten und Assilinen planktonische Foraminiferen zu finden, sind deshalb etwas günstiger.

Im Alttertiär-Profil zwischen Zumaya und Guetaria überwiegen bei weitem die Sedimente mit reichen planktonischen Foraminiferen-Faunen. Großforaminiferen-Horizonte sind selten. Im tieferen Paleozän fehlen sie vollständig auf Grund der Sedimentationsbedingungen und infolge der für Großforaminiferen ungünstigen Fazies. Im mittleren Paleozän sind sie äußerst selten, im oberen Paleozän ebenfalls selten, und nur im Untereozän kommen häufiger Großforaminiferen-Horizonte vor. Sie treten vor allem an der Basis der gradierten, grobkörnigen Psammite und Psephite auf, die wahrscheinlich unter „turbidity currents“-Bedingungen abgelagert wurden. Diese Art der Sedimentation schließt natürlich eine Umlagerung nicht nur mehr oder minder gleich alter, sondern auch stratigraphisch wesentlich älterer Sedimente und ihrer Faunen nicht aus. Die Fauna in den Großforaminiferen-Horizonten des bearbeiteten Profils ist vorwiegend sehr einheitlich zusammengesetzt, und umgelagerte, ältere Faunenelemente konnten nur sehr selten nachgewiesen werden. Es kann also angenommen werden, daß die in den Sandsteinen vorkommenden Großforaminiferen mehr oder minder dasselbe Alter besitzen wie die planktonischen Foraminiferen-Faunen in den umgebenden pelitischen Gesteinen. Zusätzlich zu den bereits von KINDELAN (1919) und RUIZ DE GAONA (1948) beschriebenen Großforaminiferen-Vorkommen fand ich weitere. In der Arbeit von RUIZ DE GAONA wurden die für die Bestimmung der Alveolinen, Nummuliten und Assilinen sehr wichtigen Innen-

merkmale nicht angegeben. Für die Art-Bestimmung sind aber gerade diese Merkmale sehr wichtig. Da die Großforaminiferen-Horizonte zumeist nur individuenarme Faunen enthalten, sollte auch das von früheren Bearbeitern gesammelte Material berücksichtigt werden. Leider war es bisher nicht möglich, zusätzlich zu den eigenen Aufsammlungen das Originalmaterial zu KINDELAN (1919) und RUIZ DE GAONA (1948) zu erhalten, um eine Revision der dort angegebenen Arten durchzuführen.

Großforaminiferen traf ich in verschiedenen planktonischen Foraminiferen-Faunen-zonen an.

1. *Globorotalia pseudomenardii*-Zone (E)

30 cm liegend Probe 53 (Profil 2) tritt eine 10 cm mächtige Kalkpsammitbank auf, die aus Organismendetritus, vorwiegend benthonischen und planktonischen kalkschaligen Foraminiferen, besteht. Selten kommen in diesem Kalkpsammit, zumeist schichtparallel eingeregelt, *Operculina* cf. *heberti* MUNIER-CHALMAS und *Discocyclina* cf. *seunesi* DOUVILLÉ vor. Nach HOTTINGER (1960) liegt unter der Biozone mit *Glomalveolina primaeva* die Biozone mit *Operculina heberti*. Beide Zonen sollen älter als Ilerdien sein und werden Teilen des Montien und Thanétien zugerechnet.

2. *Acarinina angulosa*-Unterzone (I₂)

Im oberen Abschnitt der Unterzone I₂ fand ich zwei dicht übereinander liegende Sandsteinbänke mit Großforaminiferen.

a) Im Profil 2 kommen an der Basis einer geringmächtigen Sandsteinbank, ca. 2 m über Probe 134 und 5 m unter der mächtigen Psammitserie der Punta Mariantón, vereinzelt folgende Großforaminiferen vor:

Assilina leymeriei (D'ARCHIAC & HAIME)
Nummulites bearnensis SCHAUB & SCHWEIGHAUSER
Nummulites atacicus LEYMERIE
Operculina sp.
Discocyclina sp.

b) Die Basis der Psammitserie (S. 11) an der Punta Mariantón (Profil 2, liegend Probe 140) und an der Straße Zumaya-Guetaria (Profil 3, unter Probe 140) enthält selten folgende Großforaminiferen:

Assilina leymeriei (D'ARCHIAC & HAIME)
Nummulites praecursor DE LA HARPE
Nummulites subramondi cf. *maior* SCHAUB

Die Alveolinen sind sehr schlecht erhalten und nicht eindeutig zu bestimmen.

Die Größe des Proloculus liegt bei den als *A. leymeriei* bestimmten Exemplaren zwischen 0,13 und 0,2 mm, derjenige bei *N. bearnensis* beträgt 0,2 mm. *N. subramondi* cf. *maior* stimmt in der Septenzahl mit dem Typus der Unterart überein, besitzt jedoch eine noch etwas kleinere Anfangskammer mit einem Durchmesser von 0,25 mm.

Die Großforaminiferen der Unterzone I₂ weisen darauf hin, daß es sich nach HOTTINGER & SCHAUB (1960) um Arten aus dem oberen Ilerdien (Corbarica- oder Trempina-Zone) handelt.

3. *Globorotalia aragonensis*-Zone (K)

a) In der ca. 2 m mächtigen Sandsteinbank im Hangenden der Probe 159 (Profil 3), die die Punta Arranaiz bildet, kommen selten an der Basis folgende Nummuliten und Assilinen vor:

Assilina cf. *placentula* (DESHAYES)
Nummulites partschi DE LA HARPE
Nummulites jacquoti DE LA HARPE

Von *A.* cf. *placentula* liegt nur ein schlecht erhaltenes Exemplar vor. Die A- und B-Formen bei *N. partschi* und *N. jacquoti* stimmen gut mit den Typen dieser Arten überein. Die Anfangskammer der A-Form des *Nummulites jacquoti* besitzt einen Durchmesser von 0,28 mm.

Die drei angegebenen Großforaminiferen-Arten erscheinen nach SCHAUB (1951, 1960) erst mit dem Cuisien. Die Ilerdien/Cuisien-Grenze und somit die Paleozän/Eozän-Grenze ist also innerhalb der *Globorotalia formosa*-Unterzone (I₂) zwischen den Proben 140 (= Probe 136 bei Profil 2) und 159 (Profil 3) anzunehmen.

b) Probe 174 liefert neben reichlich vorhandenen planktonischen Foraminiferen häufig *Cuvillierina* sp. und ein 1 mm langes Gehäuse einer *Alveolina*, das sich sehr gut mit *Alveolina* cf. *minuta* CHECCHIA-RISPOLI bei HOTTINGER (1960 b) vergleichen läßt. Die Art wurde von HOTTINGER nur im unteren Cuisien (= Oblonga-Zone) angetroffen.

4. *Globorotalia palmerae-Acarinina aspenensis*-Zone (L)

Die Zone K enthält im Alttertiär zwischen Zumaya und Guetaria die meisten und reichsten Großforaminiferen-Horizonte.

a) Probe 181 entnahm ich einer glimmerreichen, psammitischen Mergellage. In der Probe kommen selten planktonische Foraminiferen, häufig *Cuvillierina* und selten folgende Großforaminiferen vor:

Assilina placentula (DESHAYES)
Nummulites burdigalensis DE LA HARPE
Nummulites cf. *praelucasi* DOUVILLÉ
Nummulites jacquoti DE LA HARPE

Die Größe der Anfangskammer und die Spiralweite der Exemplare von *N. burdigalensis* liegen zwischen *N. burdigalensis* s. str. und *Nummulites burdigalensis minor* DE LA HARPE. *Assilina placentula* besitzt eine Megalosphäre von 0,2 mm, und die bei *N. jacquoti* beträgt 0,26 bis 0,3 mm.

Die Fauna kann noch dem unteren Cuisien zugerechnet werden, da typische Nummuliten und Assilinen des mittleren Cuisien nicht vorhanden sind.

b) An der Punta Iruarriaundieta (zwischen den Proben 192 und 193) fand ich nur artlich nicht bestimmbare kleinwüchsige Nummuliten.

c) Bei der Probe 195 treten an der Basis eines mittelkörnigen Sandsteins häufig zumeist kleinwüchsige Großforaminiferen auf. Neben verschiedenen planktonischen und benthonischen Kleinforaminiferen (u. a. *Cuvillierina*) wurden folgende Arten bestimmt:

Assilina placentula (DESHAYES)
Assilina cf. *laxispira* (DE LA HARPE), Übergangsform zu *A. reicheli* SCHAUB
Nummulites burdigalensis DE LA HARPE

Nummulites burdigalensis minor DE LA HARPE
Nummulites cf. *pustulosus* DOUVILLÉ
Nummulites partschi cf. *delvineensis* (ROZLOSZNIK)
Nummulites cf. *praelucasi* DOUVILLÉ
Nummulites vonderschmitti tenuis SCHAUB
Nummulites jacquoti DE LA HARPE
Nummulites aquitanicus BENOIST
Discocyclina div. sp.

Die Fauna entspricht bei SCHAUB (1951) im Profil des Großen Schlieren ungefähr einer Schichtenhöhe von 1200 m und kann bereits in das mittlere Cuisien gestellt werden.

d) Von der Basis einer Sandsteinbank zwischen den Proben 199 und 200 stammen folgende Arten:

Assilina placentula (DESHAYES)
Nummulites burdigalensis DE LA HARPE
Nummulites jacquoti DE LA HARPE
Nummulites aquitanicus BENOIST
Nummulites aus der *laevigatus*-Reihe

Die Septenform und der dünne Dorsalstrang eines in diesem Horizont gefundenen Nummuliten weisen auf eine Verwandtschaft mit *Nummulites laevigatus* (BRUGUIÈRE) hin. Durch die kleine Anfangskammer (0,3 mm) und die verhältnismäßig enge Spirale (3 Umgänge auf einen Radius von 0,9 mm) unterscheidet sich jedoch das Gehäuse wesentlich von *Nummulites laevigatus*. Auch dieser Horizont dürfte dem mittleren Cuisien angehören.

e) Die reichste Fauna im Profil zwischen Zumaya und Guetaria lieferte die bereits von KINDELAN (1919) und RUIZ DE GAONA (1948) beschriebene Lokalität an der Punta de Campaya, die zwischen den Proben 204 und 205 liegt.

Am häufigsten und am besten zu isolieren waren die Großforaminiferen aus der mehrere Meter mächtigen Sandsteinbank unterhalb der Straße. Die hangenden, ebenfalls mehrere Meter mächtigen Detrituskalke oberhalb der Straße enthalten nicht so viele Großforaminiferen.

Folgende Arten kommen an der Punta Campaya vor:

Alveolina distefanoi CHECCHIA-RISPOLI
Alveolina ruetimeyeri HOTTINGER
Alveolina cf. *cremae* CHECCHIA-RISPOLI
Alveolina cf. *rugosa* HOTTINGER
Assilina placentula (DESHAYES)
Assilina cf. *placentula* (DESHAYES), Übergangsform zu *A. laxispira* (DE LA HARPE)
Assilina laxispira (DE LA HARPE)
Assilina cf. *laxispira* (DE LA HARPE), Übergangsform zu *A. reicheli* SCHAUB
Nummulites burdigalensis DE LA HARPE
Nummulites burdigalensis ssp. a bei SCHAUB (1951)
Nummulites subramondi maior SCHAUB
Nummulites partschi DE LA HARPE
Nummulites cf. *praelucasi* DOUVILLÉ
Nummulites leupoldi SCHAUB
Nummulites vonderschmitti SCHAUB
Nummulites jacquoti DE LA HARPE
Nummulites aquitanicus BENOIST
Nummulites cf. *buxtorfi* SCHAUB
Nummulites archiaci SCHAUB
Discocyclina div. sp.

Die Alveolinen sind zumeist schlecht erhalten und liegen häufig nur in Bruchstücken vor. Ein Exemplar, das eine für *Alveolina distefanoi* zu große (Länge 0,4 mm) und für *A. cremae* zu kleine Anfangskammer besitzt, kann nur mit Vorbehalt zu *A. cremae* gerechnet werden. Eine 5,5 mm lange und sehr dünne *Alveolina* ist mäßig erhalten, weist jedoch im Inneren zahlreiche „Logettes supplementaires“ auf, kann aber nur als *A. cf. rugosa* bezeichnet werden, da die Anfangskammer (Länge 0,25 mm) größer als bei *A. rugosa* ist.

Nummulites burdigalensis wird durch den Typus dieser Art und *N. burdigalensis* ssp. a bei SCHAUB (1951) sowie durch Übergangsformen zwischen beiden Unterarten vertreten.

Der Durchmesser des Proloculus liegt bei der A-Form von *N. aquitanicus* im Durchschnitt bei 0,35 mm. Neben *N. subramondi maior* s. str. kommen auch Gehäuse vor, bei denen die Tendenz besteht, den Zentralpfeiler in einzelne Pfeiler aufzulösen, wie dies bei dem nahe verwandten *N. pustulosus* der Fall ist. Als *N. cf. buxtorfi* muß ein Gehäuse bezeichnet werden, das ein Zwischengerüst wie *N. buxtorfi* besitzt. Die Septalstreifen sind sichelartig zurückgebogen und münden noch vor dem Erreichen des Zentrums in je einen starken Pfeiler ein. Auch die Merkmale des Äquatorialschnittes stimmen mit denen von *N. buxtorfi* überein. Die Megalosphäre von *Nummulites cf. buxtorfi* ist jedoch sehr viel kleiner, der Durchmesser beträgt 0,29 mm, beim Typus 0,5 bis 0,7 mm. Einige Gehäuse der *distans*-Gruppe mit den für diese Art typischen Septalstreifen und Äquatorialschnitt besitzen eine Megalosphäre mit einem Durchmesser von 0,5 bis 0,6 mm und gehören zu *N. archiaci*.

Die Alveolinen sprechen für mittleres Cuisien (Dainelli-Zone). Die an der Punta Campaya vorkommenden Assilinen und Nummuliten können ebenfalls dem mittleren Cuisien zugerechnet werden. Auch hier dürfte es sich um einen Horizont handeln, der im Bereich der Schichtenhöhe von 1200 m im Profil des Großen Schlieren bei SCHAUB (1951) liegt.

5. *Globorotalia caucasica*-Zone (M)

Die stratigraphisch höchsten Großforaminiferen stammen aus den Sandsteinbänken an der Punta Isarria auf der Halbinsel San Antón bei Guetaria. Dieses Vorkommen war bisher unbekannt. Mit ihm ist es möglich, die stratigraphische Reichweite des Alttertiärs zwischen Zumaya und Guetaria genau festzulegen, da es sich bei den Sandsteinen der Punta Isarria um die hangendsten in diesem Profil aufgeschlossenen Schichten handelt.

Folgende Arten konnte ich isolieren:

Assilina reicheli SCHAUB

Assilina maior (HEIM)

Nummulites burdigalensis ssp. a bei SCHAUB (1951)

Nummulites burdigalensis ssp. b bei SCHAUB (1951)

Nummulites cf. gallensis HEIM

Nummulites cf. inkermanensis SCHAUB

Nummulites aquitanicus BENOIST

Die als *A. reicheli* bestimmten Gehäuse entsprechen den bei SCHAUB (1963) abgebildeten Exemplaren (A- und B-Form). *Assilina maior* stimmt sehr gut mit Gehäusen dieser Art aus dem oberen Cuisien von Bergouey (SCHAUB 1963) überein. Die Spirale von *N. cf. gallensis* ist bei den meisten Exemplaren etwas enger als bei *N. n. sp. aff. N. gallensis* bei SCHAUB (1963) von Bergouey. Auch die Anfangskammern sind bei dieser Art im Durchschnitt etwas größer.

Eine A-Form von *N. aquitanicus* besitzt einen sehr großen Proloculus (Breite 0,6 mm, Höhe 0,45 mm). Die B-Formen erreichen eine Größe bis zu 10,5 mm. Die Höhe der Umgänge beträgt in den beiden letzten Umgängen 1,0 bis 1,4 mm. Das Zwischengerüst zeigt

Merkmale der Endformen von *N. aquitanicus*, wie sie SCHAUB (1951) aus dem obersten Teil des oberen Schlierenflysch beschreibt: „noch unregelmäßigere, fast mäandrisch verlaufende Septalstreifen mit polygonalen Pfeilern, die fast über die ganze Oberfläche verteilt sind.“

Die Fauna der Punta Isarria dürfte altersmäßig den höchsten Schichten im Profil des Großen Schlieren bei SCHAUB (1951) entsprechen oder noch etwas jünger sein. Das oberste Cuisien von Caupenne und Bergouey (Chalosse de Montfort, Dép. Landes) (HOTTINGER, SCHAUB & VONDERSCHMITT 1956, SCHAUB 1962 b, 1963) in der Aquitaine ist gleich alt oder noch etwas jünger.

F. ÖKOLOGISCHE BEOBACHTUNGEN

Ökologische Untersuchungen führte ich vor allem an der Fauna aus den mergeligen, schlämbaren Sedimenten durch. Um vielleicht vorhandene Unterschiede zwischen der Fauna der Kalke und der Mergel festzustellen, fertigte ich von den Kalken zahlreiche Dünnschliffe an. Die Fauna der Sandsteine des oberen Paleozäns und Eozäns kann für ökologische Untersuchungen nicht herangezogen werden, da die Sandsteine häufig unter „turbidity currents“-Bedingungen abgelagert wurden und keine autochthone Fauna enthalten.

In den Proben überwiegen bei weitem die Foraminiferen. Ostracoden und Fischzähnnchen sind in allen Proben selten, sehr selten oder fehlen vollständig. Im oberen Paleozän und Untereozän sind einzelne Mergellagen reich an Diatomeen (zumeist pyritisiert) oder Radiolarien.

Die Foraminiferen-Faunen setzen sich aus zwei Faunenelementen zusammen, die unter verschiedenen ökologischen Bedingungen lebten: benthonische und planktonische Foraminiferen. Die benthonischen Foraminiferen lebten am Meeresgrund. Die planktonischen Foraminiferen hielten sich während ihrer Lebenszeit in den obersten Schichten des Meeres auf und gelangten erst nach ihrem Tode auf den Meeresgrund. Die Faunen sind daher als Thanatozönosen aus planktonischen und benthonischen Foraminiferen zu bezeichnen. Hinzu kommen noch postmortale Verfrachtungen der benthonischen Foraminiferen-Gehäuse durch Strömungen.

Die Abhängigkeit der Foraminiferen-Faunen, vor allem der benthonischen Gattungen und Arten, von der allmählichen Änderung der Sedimentationsbedingungen vom Liegenden zum Hangenden kommt sehr gut in der verschiedenen Zusammensetzung der Faunen zum Ausdruck.

1. Planktonische Foraminiferen

In fast allen Proben überwiegen die planktonischen gegenüber den benthonischen Foraminiferen. Die meisten Proben enthalten reiche planktonische Foraminiferen-Faunen, nur wenige sind arm an ihnen, und selten wurden Proben angetroffen, in denen sie vollständig fehlen.

In der Kalkserie (Zone A bis C) kommen sie sowohl in den Kalken als auch in den Mergelzwischenlagen beinahe immer sehr häufig vor. In den Kalken fehlen sie sehr selten vollkommen, in den Mergeln sind sie – wenn überhaupt – vor allem in den geringmächtigen Lagen nicht vorhanden.

Die Mergelserie zeichnet sich durch eine meistens sehr reiche planktonische Foraminiferen-Fauna aus. Sind die Proben etwas ärmer, so kommen vor allem „Truncorotalien“ seltener vor. Dies ist zum Beispiel bei den Proben 26–29 (Profil 2) der Fall. Im hangenden Teil der Mergelserie und in den darüber folgenden Sedimenten treten wiederholt Proben auf, die eine weniger reiche planktonische Fauna lieferten.

In der Mergelserie mit Sandsteinbänken (häufig über 1 m mächtig) und in der Sandsteinserie mit einzelnen Mergellagen befinden sich dann auch Proben, die keine planktonischen Foraminiferen enthalten. Sind die Proben arm an ihnen, so fehlen hauptsächlich wieder die „Truncorotalien“, die nur in den reichen Proben häufig sind. Das Fehlen oder nur seltene Auftreten planktonischer Foraminiferen in einigen Mergelhorizonten kann durch die allmähliche Änderung der Sedimentationsbedingungen erklärt werden. Ob dies nun mit einer tatsächlichen Verarmung der zu dieser Zeit lebenden Fauna verbunden war oder durch die schnellere Sedimentation und eine dadurch bedingte „Verdünnung“ verursacht wurde, ist schwierig zu beurteilen. Für die zweite Ursache spricht die Tatsache, daß immer wieder sehr reiche Faunen angetroffen werden, die wahrscheinlich in den Perioden mit geringer Sedimentationsgeschwindigkeit abgelagert wurden. Die besten Faunen lieferten häufig diejenigen Proben, die aus dem hangenden Abschnitt mächtiger Mergelhorizonte eines Psammit-Pelit-Rhythmus stammen.

2. Benthonische Foraminiferen

Machte sich bei den planktonischen Foraminiferen vor allem eine Änderung der Häufigkeit innerhalb des untersuchten Profils bemerkbar, so tritt bei den benthonischen Foraminiferen zusätzlich noch eine *Ä n d e r u n g i n d e r Z u s a m m e n s e t z u n g* der Fauna auf.

Die benthonische Fauna kann grob in drei verschiedene Gruppen eingeteilt werden (Tabelle 1 und 2): primitive, agglutinierende Foraminiferen; komplizierter gebaute, agglutinierende Foraminiferen und kalkschalige Foraminiferen. Nach der Systematik von LOEBLICH & TAPPAN (1964) werden zu den primitiven Sandschalern die Ammodiscacea und von den Lituolacea die Hormosinidae, Haplophragmoidinae und Trochamminidae gerechnet. Die restlichen Textulariina gehören den höheren Sandschalern an.

In der Kalkserie enthalten die Mergel und Kalke – im Gegensatz zur planktonischen Foraminiferen-Fauna – verschieden reiche benthonische Faunen. Während sie in den Mergeln häufig bis sehr häufig sind, kommen sie in den Kalken nur sehr selten vor. Primitive Sandschaler sind in fast allen Proben der Kalkserie sehr häufig, höhere Sandschaler in den meisten und Kalkschaler häufig, manchmal sehr häufig oder selten vorhanden. Das gleiche gilt für den tieferen Teil der Mergelserie. Die Fauna ist sowohl individuen- als auch artenreich. Die Arten gleichen fast ausschließlich denen der paleozänen „Lizard Springs Formation“ in Trinidad B. W. I., der „Velasco Shale Formation“ in Mexiko oder des inneralpinen Paleozäns der Nordalpen (HILLEBRANDT 1962 a). Kennzeichnend für diese Faunen ist, daß sie stets von sehr reichen planktonischen Faunen begleitet werden, die zumeist den Hauptbestandteil der Gesamtfauen ausmachen. Litorale Faunenelemente wie Milioliden oder Großforaminiferen fehlen vollständig. Im oberen Abschnitt der Mergelserie werden Proben mit einer reichen benthonischen Fauna immer seltener. Vor allem die höheren Sandschaler kommen nicht mehr so häufig vor. Nicht nur der Individuenreichtum wird allmählich geringer, sondern auch die Artenzahl geht stark zurück. Besonders bemerkbar macht sich dies bei den Kalkschalern. Oft sind es nur ein oder zwei Arten, die die Hauptkomponente der benthonischen Fauna ausmachen. Ab dem mittleren Teil der Mergelserie mit Sandsteinbänken (selten über 1 m mächtig) (Zone H) besteht die benthonische Kalkschalerfauna wiederholt vorwiegend aus *Bulimina aspensis* COLOM und (oder) *Chilostomella* sp.. In den Zonen K, L und M tritt in manchen Proben individuenreich *Cyclammina* sp. auf. Proben, in denen planktonische Foraminiferen fehlen oder kaum auftreten, die jedoch reichlich benthonische Foraminiferen ent-

halten, sind in diesen Zonen selten. Wenn dies der Fall ist, so sind zumeist fast nur primitive Sandschaler vorhanden.

Die allmähliche Verarmung der benthonischen Fauna muß mit der Änderung der Sedimentationsbedingungen zusammenhängen. Die ökologischen Verhältnisse wurden vom Liegenden zum Hangenden immer schlechter, so daß es lediglich noch zeitweise zur Entfaltung einer reicheren Bodenfauna kam. Nur wenigen Arten war es möglich, sich diesen ungünstigen ökologischen Bedingungen anzupassen. Sie kommen dann allerdings zu manchen Zeiten in großer Individuenzahl vor.

Sehr schwierig ist es, auf Grund der vorhandenen Faunen eine Aussage über die Wassertiefe zu machen, in der diese lebten und in der auch die Sedimente abgelagert wurden. Fest steht zunächst lediglich, daß sich im untersuchten Gebiet während der Ablagerung der Schichten sowohl die Sedimentationsbedingungen als auch die Faunen veränderten. Die ganz allmählich ansteigende Sedimentzufuhr muß mit einer stärkeren Abtragung und kräftigen Heraushebung des Liefergebietes verbunden gewesen und verursacht worden sein. Wäre es gleichzeitig nicht zu einer Absenkung des Sedimentationsraumes gekommen, so hätte eine langsame Verflachung des Meeres stattgefunden. Der Heraushebung des Liefergebietes kann eine ebenso starke, allmähliche Absenkung des Sedimentationsraumes gegenüberstanden haben, so daß entweder die Wassertiefe während der Zeit annähernd gleich blieb oder sogar größer wurde.

Welche Aussagen sind nun mit Hilfe der Foraminiferen-Faunen möglich? Autochthone litorale Faunenelemente wie Milioliden oder Großforaminiferen kommen im untersuchten Profil nicht vor. Diejenigen, die auftreten, können als eingeschwemmt, also allochthon, angesehen werden. Während der ganzen Sedimentationszeit müssen hochmarine Bedingungen geherrscht haben, da sonst die reichen planktonischen Faunen fehlen würden. Zumindest muß jedoch stets eine gute Verbindung zum offenen Meer vorhanden gewesen sein, durch die immer wieder Faunen einwandern konnten. Die Kalk- und Mergelserie, in denen Flyschmerkmale noch weitgehend fehlen, enthalten die reichsten benthonischen Faunen. Auf Grund ihrer Zusammensetzung und Vergleich mit rezenten Beobachtungen (HILLEBRANDT 1962 a) kann für sie eine Ablagerungstiefe zwischen 200 und 800 m angenommen werden. Die allmähliche Verarmung der Fauna kann allein durch die immer ungünstiger werdenden ökologischen Bedingungen erklärt werden und muß nicht durch eine Veränderung der Wassertiefe verursacht worden sein. Vergleiche mit rezenten Bedingungen sind stets schwierig, besonders aber hier, wo Ablagerungsbedingungen auftreten, die rezent bisher wenig untersucht wurden und deren ökologische Verhältnisse weitgehend unbekannt sind. Hinzu kommt noch, daß es sich um Arten handelt, die rezent nicht mehr vorkommen. Es ist sehr fraglich, ob die Bevorzugung bestimmter ökologischer Bedingungen bei Gattungen und Arten über sehr lange Zeiträume hinweg konstant bleibt oder bleiben kann.

Bemerkenswert erscheint allerdings die Tatsache, daß rezent die Gattung *Bulimina* mit der Tiefe zunehmend häufiger wird. Gerade diese Gattung (neben *Chilostomella* und *Cyclammina*) ist es aber, die im untersuchten Profil in den unter flyschartigen Bedingungen gebildeten Sedimenten sehr oft den größten Anteil an der Zusammensetzung der benthonischen Foraminiferen-Fauna ausmacht. Im Golf von Kalifornien treten nach BANDY (1961) Buliminen erst unterhalb einer Wassertiefe von 600 m in den Faunen dominierend auf. WALTON (1964) stellt im nordöstlichen Golf von Mexiko fest, daß in dem untersuchten Gebiet die Buliminen in größeren Wassertiefen immer häufiger werden. Er bezeichnet die unterhalb 550 m lebende Foraminiferen-Vergesellschaftung als „*Bulimina* Fauna“, da hier diese Gattung gegenüber den anderen vorherrscht. Ökologische

Untersuchungen im Adriatischen Meer durch CIERCI, BUSI & CITA (1962) ergaben, daß auch hier *Bulimina* in der tiefsten Zone (Zone IV: 853 m) häufiger ist als in den anderen Zonen mit einer geringeren Wassertiefe.

Auch die Gattung *Cyclammina* wird nach AKERS (1954) und BANDY & ARNAL (1960) rezent und in tertiären Sedimenten erst unterhalb des Schelfs häufig und besitzt ihre größte Verbreitung am Kontinentalabhang. Im Golf von Mexiko ist nach AKERS *Cyclammina cancellata* BRADY zwischen 338 und 1460 m am häufigsten.

Selbst bei vorsichtiger Beurteilung der palökologischen Verhältnisse besteht also immerhin die Möglichkeit, daß der „Flysch“ zwischen Zumaya und Guetaria in größeren Tiefen, wahrscheinlich zwischen 400 und 1500 m Tiefe, abgelagert wurde. Hinweise für Flachwassersedimente fehlen vollständig. Auf Grund der vorkommenden Spuren erfolgte nach SEILACHER (1959) eine Ablagerung in „abyssischen Tiefen“. Dies ist jedoch wenig wahrscheinlich, da rezent in diesen Meerestiefen benthonische Foraminiferen nicht mehr in der Häufigkeit vorkommen wie in manchen Proben aus dem Flysch des untersuchten Gebietes.

G. VERGLEICHSPROFILE AUS ANDEREN GEBIETEN

Es wurden vor allem solche Gebiete zu Vergleichen herangezogen, in denen neben Großforaminiferen auch planktonische Foraminiferen vorkommen. Die meisten Vergleichsprofile nahm ich selbst auf. Zahlreiche Proben stellte Herr Professor Dr. H. HAGN (München) zur Verfügung.

Besonders günstig erwiesen sich für Vergleiche Südfrankreich (Aquitaine) und die Südpirenäen (Kartenskizze 2). Der größte Teil der Vergleichsprofile stammt deswegen auch aus diesen Gebieten. Die Aquitaine hat den Vorteil, daß die Faunen häufig besser erhalten sind und die Großforaminiferen bereits bearbeitet wurden. Leider sind jedoch in diesem Gebiet die Aufschlußverhältnisse oft sehr ungünstig, so daß kontinuierliche Mergelprofile selten vorkommen.

1. Südpirenäen

In den Südpirenäen wurde ein sehr mächtiges Alttertiär abgelagert. Das tiefste Alttertiär ist nur im Westen marin ausgebildet und geht nach Süden und Osten in die limnisch-terrestrische Fazies des „Garumnium“ über. Im oberen Paleozän (Ilerdien) dringt das Meer wieder nach Osten vor, und die während der „Garumnium-Zeit“ unterbrochene Verbindung zum Mittelmeer wird wiederhergestellt. Gleichzeitig verlagert sich das Beckentiefste allmählich nach Westen. Bereits im tiefsten Eozän erfolgt im Osten wieder eine Regression des Meeres, die mit einer starken Heraushebung einer Zentralpyrenäen-Schwelle in Verbindung steht. Durch eine weitere Absenkung kommt es zur Ablagerung mächtiger limnischer Konglomerate, Sandsteine und Mergel. Westlich des Rio Esera geht die marine Sedimentation weiter und reicht im Gebiet von Pamplona bis in das Obereozän. Im Oligozän zieht sich das Meer aus den gesamten Südpirenäen völlig zurück. Im Norden herrschen im Alttertiär flyschartige Sedimente vor. Im Süden wurden mächtige Mergelserien und in den südlichen Sierrren geringermächtige, mehr kalkige Serien abgelagert. Der fazielle Wechsel von Norden nach Süden und Westen nach Osten bedingt, daß immer wieder zu bestimmten Zeiten in einzelnen Gebieten nebeneinander Ablagerungen mit Großforaminiferen und planktonischen Kleinforaminiferen auftreten. Aus diesem Grund sind die Südpirenäen für Vergleichsuntersuchungen besonders geeignet. Hinzu kommt noch, daß die Aufschlußverhältnisse gut bis sehr gut und die meisten Profile tektonisch wenig oder überhaupt nicht gestört sind.

a) *Becken von Tremp (Provinz Lerida)*

Das Becken von Tremp (Provinz Lerida) liegt in den mittleren Südpirenäen. Hier befindet sich die Typuslokalität des Ilerdien, welches von HOTTINGER & SCHAUB (1960) als oberste Stufe des Paleozäns eingeführt wurde. Mit Hilfe von Alveolinen teilt HOTTINGER (1960 a, b) das Ilerdien in verschiedene Biozonen ein. Zwischen dem unteren Ilerdien (Cucumiformis-Zone) und mittleren Ilerdien (Corbarica-Zone) nehmen HOTTINGER &

SCHAUB (1960) im Becken von Tresp eine Schichtlücke an, da sich die Ellipsoidalis- und die Moussoulensis-Zone mit Alveolinen nicht nachweisen läßt. Lithologisch ist jedoch keine Schichtlücke zu erkennen. Eine kalkige Fazies mit hauptsächlich Alveolinen im Süden und eine mehr mergelige Fazies mit vorwiegend Nummulitidae im Norden werden seit MISCH (1934) im Becken von Tresp unterschieden. Zwischen der Corbarica-Zone (mittl. Ilerdien) und der Cucumiformis-Zone (unteres Ilerdien) liegen im Süden ca. 150 m mächtige, megafossilreiche Sandsteine und Mergel (f bei HOTTINGER 1960 b, Fig. 100) mit Großforaminiferen, vor allem Nummuliten und Assilinen und nur selten Alveolinen. Im Norden schalten sich ebenfalls zwischen die mit Alveolinen nachweisbaren Corbarica- und Cucumiformis-Zonen mindestens 250 m mächtige Mergel mit Sandsteinbänken. Diese Sedimente sind auch hier reich an Megafossilien und Nummulitidae. Da lithologisch keine Schichtlücke zu bemerken ist und außerdem in den zumindest 250 m mächtigen Mergeln Alveolinen fehlen, besteht meines Erachtens durchaus die Möglichkeit, daß die nicht nachweisbaren Ellipsoidalis- und Moussoulensis-Zonen – zumindest zum Teil – in diesem Sedimentationsabschnitt enthalten sind.

Im September 1961 sammelte ich in der Nord- und Südfazies des Beckens von Tresp in je einem Profil über 60 Mergelproben (HILLEBRANDT 1962 b, S. 156). Planktonische Foraminiferen kommen nur in der Mergelzone ohne Alveolinen vor. Zu dieser Zeit müssen im Becken von Tresp die sonst vorherrschenden litoralen Bedingungen geringer gewesen sein. In der Südfazies sind die planktonischen Foraminiferen in den Mergeln (f bei HOTTINGER 1960 b) kleinwüchsig und selten. Die Proben aus der Nordfazies nahm ich an der Straße von Tresp nach Puente de Montañana. Planktonische Foraminiferen treten auch hier nur in den zwischen der Cucumiformis- und der Corbarica-Zone liegenden Mergeln auf. Zahlreich wurden sie gefunden in Proben bei Kilometer 18,8, 18,9, 19,3 (Aufschluß an Straßenkurve) und 20,0. Im Oktober 1964 habe ich im Bereich dieses Profilabschnittes nochmals vier Proben genommen. Äußerst selten fand ich planktonische Foraminiferen in Proben bei Kilometer 17,0, 17,7, 18,4, 20,2 und 20,5/6.

Die reichsten, sehr gut erhaltenen und großwüchsigen (Globorotalien mit einem Durchmesser bis 0,5 mm) planktonischen Faunen stammen von Kilometer 18,8 und 19,3. Umgelagerte Foraminiferen, wie sie LUTERBACHER & PREMOLI SILVA (1964) angeben, kommen nicht vor. Folgende Fauna konnte bestimmt werden:

Globigerina linaperta FINLAY

Globorotalia planoconica SUBBOTINA

Globorotalia pseudoscutula SUBBOTINA

Globorotalia aequa CUSHMAN & RENZ

Globorotalia marginodentata SUBBOTINA

Globorotalia subbotinae MOROZOVA (= Gr. [*Truncorotalia*] *aequa simulatilis* [SCHWAGER] bei HILLEBRANDT [1962 b])

Acarinina primitiva (FINLAY)

Acarinina soldadoensis (BRONNIMANN)

Acarinina wilcoxensis (CUSHMAN & PONTON) (= Gr. [*Acarinina*] *pseudotopilensis* [SUBBOTINA] bei HILLEBRANDT [1962 b])

Acarinina quetra (BOLLI)

Pseudohastigerina eocenica (BERGGREN)

P. eocenica fand ich in einer 1964 gesammelten Probe an der Kurve bei Kilometer 19,3 ca. 1 m über der Straße sehr selten und äußert selten diese Art und *G. planoconica* in einer Probe am Bach ca. 25 Höhenmeter unterhalb der Kurve.

Die planktonische Fauna des Beckens von Tresp kann sehr gut mit derjenigen der *Globorotalia subbotinae-marginodentata*-Zone (Zone G) im Paleozän von Zumaya verglichen

werden. Das Vorkommen von *Pseudohastigerina eocenica* spricht dafür, daß wahrscheinlich ein Äquivalent der Unterzone G₂ vorliegt, da diese Art in der Unterzone G₁ noch nicht vorhanden ist.

GARTNER & HAY (1962) beschreiben planktonische Foraminiferen aus dem Becken von Tremp. Die Proben sammelte HAY ebenfalls an der Straße von Tremp nach Puente de Montañana (Kilometer 20 und 18,9). Die planktonische Fauna vergleichen GARTNER & HAY mit der *Globorotalia pseudomenardii*-Zone BOLLIS (1957 a). Dieser Zuordnung kann ich nicht zustimmen, da eindeutig jüngere Arten vorkommen. Bei dem als *Globorotalia velascoensis* (CUSHMAN) var. *parva* REY bezeichneten Gehäuse (Taf. 2, Fig. 5 a–c) dürfte es sich um *Globorotalia marginodentata* oder *G. subbotinae* handeln. Nach mündlicher Mitteilung durch Herrn Dr. H. P. LUTERBACHER (Basel) ist das als *Globorotalia pseudomenardii* BOLLIS bestimmte Exemplar (Taf. 1, Fig. 5) sehr schlecht erhalten. Es könnte diese Art auch zu der sehr ähnlichen *Globorotalia planoconica* SUBBOTINA gehören.

b) Campo (Provinz Huesca)

Südlich Campo ist am Rio Esera ein von der Oberkreide bis in das Eozän reichendes Profil sehr gut aufgeschlossen. Der mehr kalkige, tiefere Teil des Profils wurde bereits von HOTTINGER (1960 b) beschrieben und die Primaeva-, Cucumiformis- und Ellipsoidalis-Zonen festgestellt.

Im Oktober 1964 sammelte ich an diesem Profil zahlreiche Proben und Handstücke. Ich studierte vor allem die mergeligen Sedimente im Hangenden des unteren Ilerdien bis zum mittleren Cuisien, die HOTTINGER nicht untersucht hatte. Zwei Profile (Kartenskizze 3, Tabelle 3) wurden aufgenommen, eines an der Straße von Campo nach Ainsa und die Fortsetzung an der Straße nördlich und südlich Murillo de Liena (südl. Campo). Die Mergel, Aufarbeitungslagen und Sandsteine enthalten zahlreiche Horizonte mit Alveolinen, Assilinen und Nummuliten. Die Auswertung der Mergelproben ergab, daß in ihnen zum Teil stratigraphisch brauchbare planktonische Foraminiferen-Faunen vorkommen, die es erlauben, die Großforaminiferen-Faunenzonen des mittleren und oberen Ilerdien mit den planktonischen Foraminiferen-Faunenzonen zu vergleichen. Die Probenpunkte sind auf der Kartenskizze 3 angegeben. In Tabelle 3 ist eine Übersicht der im untersuchten Profilabschnitt gefundenen Faunen und Floren dargestellt.

Nach MISCH (1934) geht an der Esera das Garumnium nach Westen zu in marine Sedimente über. Im Hangenden der Maastricht-Sandsteine liegen graue und rote Mergel, ab Kilometer 62 dunkelgraue Mergel und Kalke mit geringmächtigen roten Mergellagen. Anschließend folgen ca. 55 m mächtige dunkle und helle Kalke und Dolomite, über diesen graue und rote Mergel, denen Zellendolomite eingelagert sind. Die grauen Mergel im Hangenden der Maastricht-Sandsteine enthalten selten Characeen-Oogonien, sehr selten Ostracoden. In den Proben 7 und 8 kommen als einzige Fossilreste Fischzähne vor. Auch HOTTINGER (1960 b) stellt in den Kalken Characeen fest. Da eindeutige marine Hinweise fehlen, muß damit gerechnet werden, daß es sich um limnische Ablagerungen handelt. Im Hangenden der Mergel mit Zellendolomiten folgen zunächst Dolomite und Kalke, zum Teil sandig, dann Kalke mit Milioliden und Operculinen, die unter marinen Bedingungen abgelagert wurden. Eine geringmächtige mergelige Lage (Probe 13) enthält selten kleinwüchsige, kalkschalige, benthonische Kleinforaminiferen. Die obere Hälfte dieser Kalkserie führt die von HOTTINGER (1960 b, Schicht 5 und 6) angegebene Fauna der Primaeva-Zone (mittleres Paleozän).

In den meisten Mergelproben der Mergel-Mergelkalk-Kalkserie im Hangenden der Primaeva-Kalk-Zone kommen nur selten kalkschalige Foraminiferen vor, manche sind

jedoch reich an *Miscellanea* sp. Die hangenden Kalke führen nach HOTTINGER (1960 b, Schicht 8 und 8 a) eine Alveolinen-Fauna der Cucumiformis-Zone (unteres Ilerdien). Außerdem treten *Miscellanea*-Kalke (Handstück 21) und Kalke (Handstück 22) mit massenhaft *Distichoplax* sp. auf. Die anschließenden Mergel, Mergelkalke und Kalke müssen nach HOTTINGER (Schicht 9, 9 a und 10) bereits der Ellipsoidalis-Zone (unteres Ilerdien) zugerechnet werden. In den Mergellagen kommen manchmal etwas reichere benthonische Kalkschaler-Faunen vor, zum Teil mit sehr zahlreich *Rotalia* sp. und *Epistomaria* sp. Nach HOTTINGER erscheinen im oberen Abschnitt der Kalke die ersten Assilinen. Die Kalke gehen zum Hangenden hin in eine Wechsellagerung von Mergelkalken und Mergeln über. Assilinen (A- und B-Formen) aus dem Grenzbereich (Probe 12) dieser Faziesänderung können *A. nili* DE LA HARPE zugeordnet werden. Probe 13 enthält Übergangsformen dieser Art zu *A. pyrenaica* DE LA HARPE und Probe 14 *A. pyrenaica* s. str.

In der Probe 13 befinden sich neben einer reichen Kalk- und Sandschaler-Fauna auch die ersten planktonischen Foraminiferen, die der Unterzone G₂ (subbotinae-Unterzone) zugeordnet werden müssen. Die meisten der hangenden Mergelproben weisen – mehr oder minder häufig – planktonische Foraminiferen und reiche benthonische Faunen auf. Milioliden und Ostracoden treten in fast allen Proben auf. In einzelnen Lagen sind Echinodermenreste (vor allem Crinoidenstielglieder, selten Seeigelreste und Platten von Seesternen) angereichert.

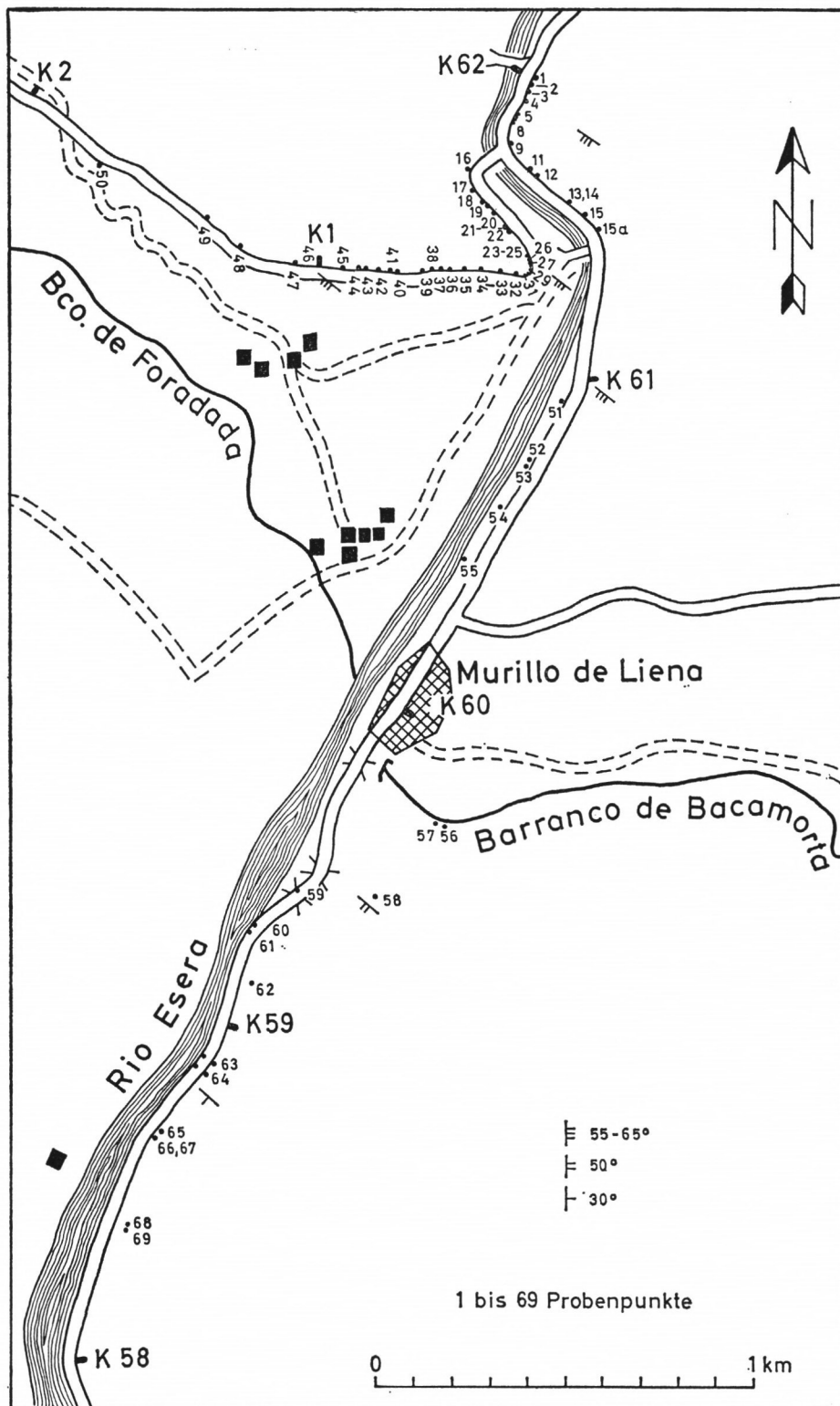
Der mergelige Sandstein bei Probe 17 bis 18 führt eine etwas reichere Großforaminiferen-Fauna:

Alveolina cf. *moussoulensis* HOTTINGER
Alveolina cf. *globosa* (LEYMERIE)
Alveolina cf. *subpyrenaica* LEYMERIE
Alveolina cucumiformis cf. *tumida* HOTTINGER
Nummulites globulus LEYMERIE
Nummulites atacicus LEYMERIE
Nummulites cf. *exilis* DOUVILLÉ
Nummulites couisensis D'ARCHIAC

Alveolina cf. *moussoulensis* und *A.* cf. *subpyrenaica* ähneln noch sehr ihren Vorläufern *A. ellipsoidalis* und *A. dolioliformis*. Die Fauna des Sandsteines dürfte der Basis der Moussoulensis-Zone angehören.

Die Proben 39, 40, 41, 42 und 43 enthalten folgende Großforaminiferen-Fauna der Moussoulensis-Zone:

Alveolina moussoulensis HOTTINGER
Alveolina globosa (LEYMERIE)
Alveolina pisiformis HOTTINGER
Alveolina leupoldi HOTTINGER
Alveolina parva HOTTINGER
Alveolina subpyrenaica LEYMERIE
Alveolina cf. *decipiens* SCHWAGER
Alveolina cucumiformis tumida HOTTINGER
Assilina leymeriei (D'ARCHIAC & HAIME)
Nummulites globulus LEYMERIE
Nummulites atacicus LEYMERIE
Nummulites exilis DOUVILLÉ
Nummulites exilis cf. *robustus* SCHAUB
Nummulites couisensis D'ARCHIAC



Kartenskizze 3. Südlich Campo (Prov. Huesca), Probenentnahmepunkte 1-69

Die Großforaminiferen-Fauna der Probe 46 mit nachstehenden Arten kann bereits der Corbarica-Zone zugerechnet werden:

Alveolina cf. *moussoulensis* HOTTINGER, Übergangsform zu *A. corbarica* HOTTINGER
Alveolina corbarica HOTTINGER
Alveolina leupoldi HOTTINGER
Nummulites pernotus SCHAUB
Nummulites atacicus LEYMERIE

Die Grenze der *Globorotalia subbotinae*-Unterzone (G₂) zur *Globorotalia lensiformis*-Zone (H) liegt etwas tiefer, ungefähr zwischen den Proben 43 und 44, da in Probe 44 erstmals *Acarinina* cf. *angulosa* BOLLI vorkommt. *Globorotalia lensiformis* ist in allen Proben sehr selten bis selten. Diese Art tritt offensichtlich nur in sehr reichen planktonischen Foraminiferen-Faunen häufiger auf. Diese Beobachtung machte ich auch bei anderen Profilen mit armen planktonischen Faunen.

In der Corbarica-Zone sind Großforaminiferen-Horizonte seltener als in der Moussoulensis-Zone. Alveolinen sind kaum zu finden. Probe 54 an der Straße nördlich Murillo de Liena enthält:

Alveolina corbarica HOTTINGER
Alveolina agrigentina (SORRENTINO)
Alveolina aragonensis HOTTINGER
Alveolina ilerdensis HOTTINGER

Das einzige von *A. aragonensis* vorliegende Gehäuse ist nicht flosculinisiert und wenig verlängert. Es entspricht dem Exemplar Fig. 60 d bei HOTTINGER (1960 b).

A. agrigentina deutet auf den höheren Teil der Corbarica-Zone hin. Die Trempina-Zone konnte mit Alveolinen nicht nachgewiesen werden, da die nächsten Alveolinen führenden Schichten erst wieder ab dem Cuisien vorhanden sind.

Die Grenze zur *Globorotalia formosa*/*Acarinina angulata*-Zone (H) liegt zwischen den Proben 55 und 56. In der Probe 56 kommen erstmals *Globorotalia formosa* BOLLI und *Acarinina angulosa* s. str. vor. Probe 57 wurde unmittelbar neben Probe 56 genommen und enthält folgende Großforaminiferen:

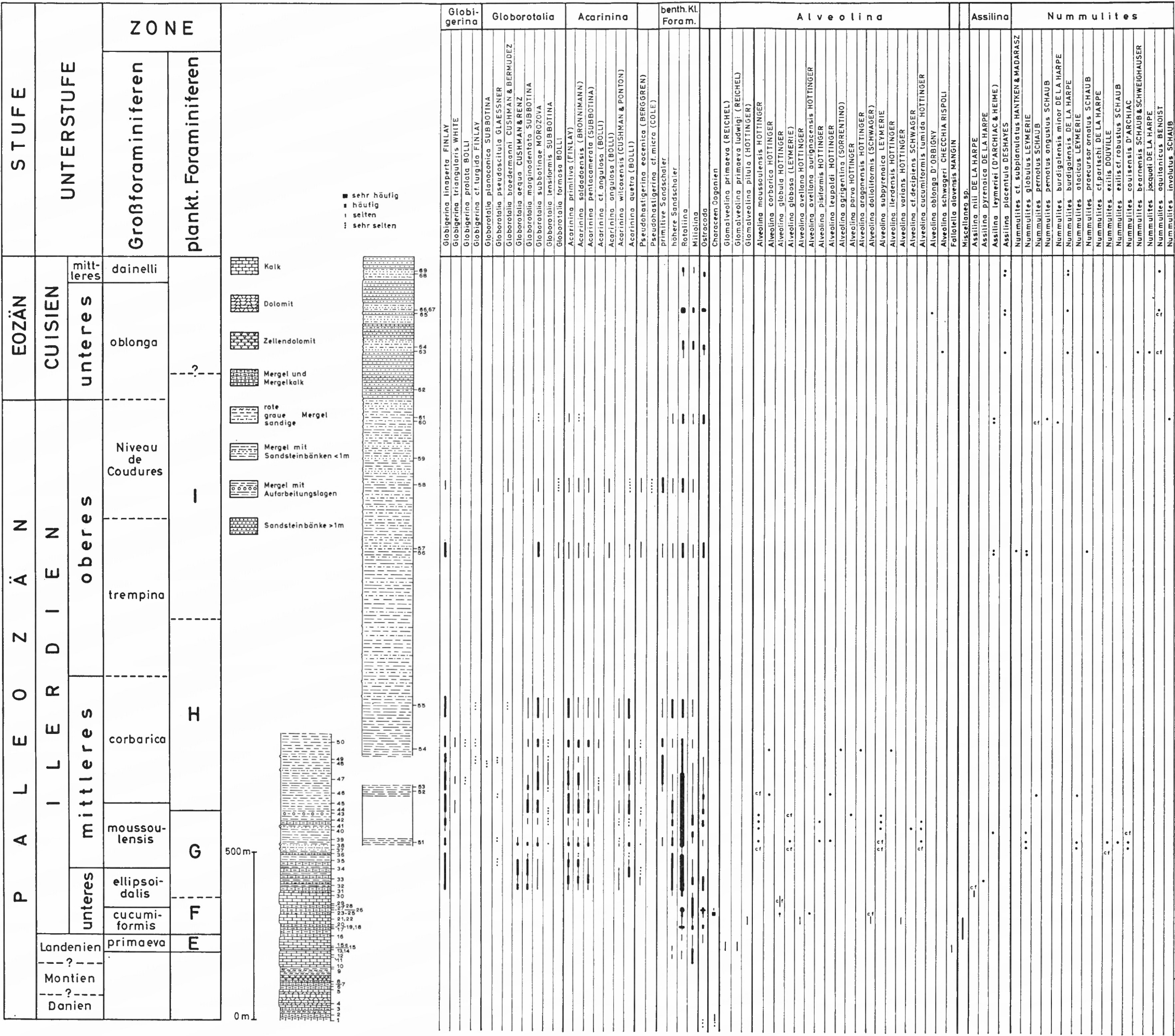
Assilina leymeriei (D'ARCHIAC & HAIME)
Nummulites cf. *subplanulatus* HANTKEN & MADARASZ
Nummulites praecursor ornatus SCHAUB

N. praecursor ornatus tritt nach SCHAUB (1951) im Profil des Großen Schlieren in einer Schichtenhöhe bei 800 m auf. Nach HOTTINGER & SCHAUB (1960) ist diese Schicht dem oberen Ilerdien zuzurechnen.

Beginnend mit der Probe 56 werden die planktonischen Foraminiferen immer seltener. In der Probe 58 kommt eine individuenarme, aber noch artenreiche Fauna vor, die der Faunenzone H angehört. Die letzten planktonischen Foraminiferen fand ich in der Probe 61. Die dicht nebeneinander liegenden Proben 60 und 61 weisen folgende Großforaminiferen auf:

Assilina leymeriei (D'ARCHIAC & HAIME)
Nummulites cf. *pernotus* SCHAUB, Übergangsform zu *N. burdigalensis* DE LA HARPE
Nummulites pernotus angustus SCHAUB
Nummulites burdigalensis minor DE LA HARPE
Nummulites involutus SCHAUB

Bei *N. involutus* handelt es sich um den Vorläufer von *N. planulatus*. Die Proben 60 und 61 gehören noch dem obersten Ilerdien an und entsprechen ungefähr dem „Niveau de Coudures“ bei HOTTINGER (1960 b).



Die erste eindeutige Cuisien-Fauna (Oblonga-Zone) lieferte die Probe 63 mit folgenden Arten:

Alveolina schwageri CHECCHIA-RISPOLI
Assilina placentula DESHAYES
Nummulites burdigalensis DE LA HARPE
Nummulites cf. *partschi* DE LA HARPE
Nummulites bearnensis SCHAUB & SCHWEIGHAUSER
Nummulites jacquoti DE LA HARPE
Nummulites cf. *aquitanicus* BENOIST

Die Großforaminiferenschicht bei Probe 65 mit *Alveolina oblonga* D'ORBIGNY, *Assilina placentula* und *Nummulites* cf. *aquitanicus* BENOIST gehört noch der Oblonga-Zone des unteren Cuisien an. Die Proben 67 bis 69 mit *Nummulites aquitanicus* BENOIST können wahrscheinlich bereits in das mittlere Cuisien gestellt werden. Die Sandsteine und Mergel über der Probe 69 wurden nicht untersucht. Nach mündlicher Mitteilung durch Herrn Professor Dr. H. SCHAUB (Basel) umfaßt die Fortsetzung des Profils zumindest noch das gesamte Lutétien. Die Mergel im Hangenden der Sandsteine und Konglomerate sind vermutlich dem Biarritzien zuzurechnen.

c) *Mont Perdu (Provinz Huesca)*

Das Alttertiär des Mont-Perdu-Gebietes wurde vom Verfasser (1962 c) bearbeitet. Ein Mergelhorizont im mittleren Profilabschnitt enthält neben Großforaminiferen auch eine planktonische Fauna und ist als jüngerer Ilerdien zu betrachten. Die „unteren Sandsteine und Mergel“ dürften der Ellipsoidalis- und Moussoulensis-Zone und die „oberen Sandsteine und Kalke“ der Corbarica- und Trempina-Zone angehören. Die planktonische Foraminiferen-Fauna des Mergelhorizontes entspricht der der *Globorotalia subbotinae-marginodentata*-Zone (G) im Profil von Zumaya.

d) *Musquiz (Provinz Navarra)*

MANGIN (1959–1960) untersuchte das Alttertiär der Südpirenen im Westen Aragoniens. Nach MANGIN lassen sich im Paleozän des bearbeiteten Gebietes von Norden nach Süden verschiedene Faziesgebiete unterscheiden, die ineinander übergehen. Im Süden liegt die „Faciès epicontinental et nérétique“ und im Norden die „Faciès pelagique“. Die „Faciès intermediaire“ vermittelt zwischen beiden Gebieten. Der Fazieswechsel erfolgt in den einzelnen Profilen jedoch nicht nur horizontal, sondern auch vertikal. In der „Faciès epicontinental et neritique“ kommen vor allem Großforaminiferen und in der „Faciès pelagique“ planktonische Kleinforaminiferen vor. Dieses Gebiet ist also besonders gut geeignet, um die verschiedenen Faunenzonen nach Großforaminiferen und planktonischen Foraminiferen zu vergleichen.

Aus diesem Grunde untersuchte ich das von MANGIN (S. 127) angegebene und in der „Faciès intermediaire“ liegende Profil von Musquiz (16 km NW Pamplona) näher auf planktonische Foraminiferen. Mit Ausnahme der Probe aus Schicht 3 bei MANGIN enthalten sämtliche anderen Mergelproben sehr reiche benthonische und planktonische Foraminiferen-Faunen. Über Schicht 6 schreibt MANGIN allerdings: „Ce véritable flysch comporte peu des fossiles pour ne pas dire aucun.“ Entgegen den Erwartungen wurden jedoch auch in diesem Profilabschnitt reiche Faunen gefunden.

Einen Vergleich der Schichtbezeichnungen und Einstufungen durch MANGIN mit den planktonischen Faunenzonen des Autors habe ich in Tabelle 4 dargestellt.

Profil von Musquiz						
MANGIN 1959-1960				HILLEBRANDT 1965		
Cuisien	7		L		Cuise	
Landenien	6		K		Ilerd	
			I			
			H			
			G			
			F			
	5	5c	E		Landen	
		5b	D			
		5a				
Montien	4	4c	C		Landen	
		4b	B			
		4a				
Danien	3	3b 3a	A		Dan, Mont	

Tabelle 4.

In einer sehr reichen benthonischen und planktonischen Foraminiferenfauna aus der Schicht 5 a (*Globorotalia pusilla*-Zone) tritt selten *Miscellanea* sp. auf.

Discocyclina seunesi DOUVILLÉ und *Ranikothalia bermudezi* (PALMER) kommen in einer Probe aus der Schicht 5 b (*Globorotalia pusilla*-Zone) vor. Schicht 5 c (*Globorotalia pseudomenardii*-Zone) enthält *Discocyclina* div. sp., *Ranikothalia bermudezi* (PALMER) und *Fallotella alavensis* MANGIN.

Nach BECKMANN (1958) beginnt in Cuba die Gattung *Discocyclina* in der *Globorotalia pusilla pusilla*-Zone, und *Ranikothalia bermudezi* kommt ab dem obersten Abschnitt der *Globorotalia pusilla pusilla* Zone BOLLIS (1957 a) vor. *Fallotella alavensis* ist für die Primaeva-Zone HOTTINGERS (1960 b) leitend.

Die Nummuliten aus der Schicht 7 sind als *Nummulites partschi* DE LA HARPE und *Nummulites* cf. *archiaci* SCHAUB zu bestimmen. *Nummulites* cf. *archiaci* unterscheidet sich vom Typus dieser Art durch die größere Anfangskammer (0,8 bis 0,9 mm). Die artenarme Fauna erlaubt keine genaue Einstufung und gehört wahrscheinlich dem mittleren Cuisien an, was durch die planktonische Foraminiferen-Fauna (*Globorotalia palmerae/Acarinina aspensis*-Zone) bestätigt wird. Die Kalke mit *Assilina spira* DE ROISSY, die den Gipfel San Bartolomé (923 m) bilden, gehören bereits dem Lutétien an, wie dies auch MANGIN annimmt.

Leider war es bisher noch nicht möglich, weitere Profile in dem von MANGIN beschriebenen Gebiet aufzunehmen, um auch im unteren Paleozän zu versuchen, die Großforaminiferen-Faunen mit denen der planktonischen Foraminiferen zu vergleichen.

2. Aquitaine (SW-Frankreich)

Die meisten Proben aus der Aquitaine sammelte ich selbst auf. Nach HOTTINGER & SCHAUB (1960) gehören sämtliche Nummulitenschichten der östlichen Aquitaine dem Ilerdien an, während im Westen vor allem jüngere Großforaminiferen-Sedimente auftreten.

a) Corbières

Mergelproben von der Typlokalität des *Nummulites couisensis* D'ARCHIAC (SCHAUB 1960) (mittleres Ilerdien) bei Couiza enthalten keine planktonischen Foraminiferen.

b) Montagne Noire

Am Mont Cayla sind den Großforaminiferen-Schichten Mergel mit einer planktonischen Mikrofauna eingeschaltet. Nach HOTTINGER (1958, 1960 b) liegen die „Marnes blanches“ und die „Marnes bleues“ zwischen den „Marnes à Assilines“ der Ellipsoidal-Zone (unteres Ilerdien) und dem „Conglomerat transgressiv“ der Corbarica-Zone (mittleres Ilerdien). Die Mergel müssen dem oberen Teil der Ellipsoidal-Zone und (oder) der Moussoulensis-Zone (mittleres Ilerdien) entsprechen.

Der Verfasser (1962 b) verglich die planktonischen Foraminiferen-Faunen mit denen der *Globorotalia rex*-Zone BOLLIS (1957 a) und der Faunenzone G im Becken von Reichenhall und Salzburg. Zu einer anderen Ansicht kamen GARTNER & HAY (1962), die der planktonischen Foraminiferen-Fauna der „Marne bleue“ und der „Marne blanche“ das gleiche Alter geben wie das der *Globorotalia pseudomenardii* oder *Globorotalia velascoensis*-Zone bei BOLLI. Die bereits mehrere Acarinen-Arten enthaltende Fauna muß auf jeden Fall jünger sein als die der *Globorotalia pseudomenardii*-Zone. Das Fehlen von *Globorotalia velascoensis* und Vorkommen von *Globorotalia marginodentata* und *Globorotalia subbotinae* (= *Globorotalia* [*Truncorotalia*] *aequa simulatilis* bei HILLEBRANDT 1962 b) spricht dafür, daß eine Fauna der *Globorotalia subbotinae*-*marginodentata*-Zone (= Zone G bei HILLEBRANDT 1962 b) vorliegt.

c) Petites Pyrénées

Mergel von Las Linques (HOTTINGER & SCHAUB 1960), der Typlokalität der *Assilina pustulosa* DONCIEUX, enthalten keine planktonischen Foraminiferen. In den Nummuliten-mergeln von Aurignac (HOTTINGER & SCHAUB 1960) tritt eine kleinwüchsige, nicht näher einstuftbare planktonische Fauna auf.

Im Profil von Fabas (HOTTINGER 1960 b) fand ich planktonische Foraminiferen nur in den als „Montien“ bezeichneten sandigen Mergeln. Die Fauna ist gleichartig mit der der *Globorotalia pusilla*-Zone (D) im Profil von Zumaya. Die Mergel werden von Kalken der Primaeva-Zone überlagert und können der *Operculina heberti*-Zone zugerechnet werden.

d) Hautes Pyrénées

Eine sandige Mergellage aus dem Steinbruch von Orignac (HOTTINGER & SCHAUB 1960, HOTTINGER 1960 b) weist keine planktonischen Foraminiferen auf.

Wichtig für die Stratigraphie des tieferen Alttertiärs ist das Gebiet zwischen Gan und Pont Labau südlich Pau. In dieser Gegend liegen die Typlokalitäten mehrerer Nummuliten- und Assilinen-Arten. Die ausgezeichnet erhaltenen Mega- und Mikrofaunen sind schon seit

langer Zeit bekannt. Die Altersstellung der verschiedenen Großforaminiferen-Horizonte wurden in mehreren Arbeiten behandelt und geklärt: SCHAUB & SCHWEIGHAUSER (1951), SCHAUB (1951, 1955, 1962), HOTTINGER & SCHAUB (1960), HOTTINGER (1960 b).

Zahlreiche, zumeist selbst gesammelte Proben standen für eine Auswertung zur Verfügung.

Die Kalke mit geringmächtigen Mergellagen vom Pont Labau werden dem Dan zugerechnet. Sie enthalten eine planktonische Foraminiferen-Fauna der *Globigerina edita-trinidadensis*-Zone (A) und im höheren Teil eine Fauna der *Globorotalia inconstans-uncinata*-Zone (B). Eine an der Straße von Gan nach Rebenacq, 60–70 m nach Kilometer 3, entnommene Mergelprobe ist in die *Globorotalia pseudomenardii*-Zone zu stellen. Bei Kilometer 2,4 sind Mergel der *Globorotalia velascoensis*-Zone aufgeschlossen.

Encot

Die von SCHAUB & SCHWEIGHAUSER (1951) von der Lokalität Encot (Straße Gan-Rebenacq) beschriebene Großforaminiferen-Fauna wird von SCHAUB (1960, S. 446) dem obersten Ilerdien zugewiesen und von HOTTINGER (1960 b, Fig. 3) mit dem „Niveau de Coudures“ (= höchste Faunenzone des Ilerdien) verglichen. Die im Bach an der Typlokalität anstehenden Mergel führen eine individuenarme planktonische Fauna, die jedoch ausgezeichnet erhalten ist. Ich nahm deshalb wiederholt zahlreiche Proben und stellte folgende Arten fest:

Globigerina linaperta FINLAY
Globigerina prolata BOLLI
Globorotalia subbotinae MOROZOVA
Globorotalia lensiformis SUBBOTINA
Acarinina soldadoensis (BRONNIMANN)
Acarinina pentacamerata (SUBBOTINA)
Acarinina angulosa (BOLLI)
Acarinina quetra (BOLLI)

Die planktonische Fauna ist mit der der *Globorotalia formosa*/*Acarinina angulosa*-Zone (I) gleichaltrig. Vermutlich handelt es sich um ein Äquivalent der *Globorotalia formosa*-Unterzone (I₂).

Berdoulou

Die Großforaminiferen-Schichten der Lokalität Berdoulou bei Gan sind nach HOTTINGER (1960 b, S. 202) in das untere Cuisien (Oblonga-Zone) zu stellen. Eine an planktonischen Foraminiferen etwas reichere Mergelprobe vom Bahneinschnitt unterhalb Berdoulou enthält folgende Fauna:

Globigerina linaperta FINLAY
Globigerina prolata BOLLI
Globigerina inaequispira SUBBOTINA
Globigerina turgida FINLAY
Globorotalia subbotinae MOROZOVA
Globorotalia formosa BOLLI
Globorotalia lensiformis SUBBOTINA
Globorotalia aragonensis NUTTALL
Acarinina primitiva (FINLAY)
Acarinina soldadoensis (BRONNIMANN)
Acarinina pentacamerata (SUBBOTINA)
Acarinina cf. aspensis (COLOM)

Die Fauna entspricht dem unteren Teil der *Globorotalia aragonensis*-Zone (K) im Profil von Zumaya.

Tuilerie de Gan

Die Großforaminiferenmergel der Tuilerie de Gan gehören dem oberen Teil des unteren Cuisien an. Die Mergel sind zumeist arm an planktonischen Foraminiferen. Die Auswertung der Proben ergab:

Globigerina linaperta FINLAY
Globigerina triangularis WHITE
Globigerina prolata BOLLI
Globigerina cf. *senni* BECKMANN
Globigerina cf. *lozano* COLOM
Globorotalia broedermanni CUSHMAN & BERMUDEZ
Globorotalia formosa BOLLI
Globorotalia aragonensis NUTTALL
Acarinina soldadoensis (BRONNIMANN)
Acarinina pentacamerata (SUBBOTINA)
Acarinina angulosa (BOLLI)
Acarinina aspensis (COLOM)
Acarinina nitida (MARTIN)
Acarinina quetra (BOLLI)
Pseudohastigerina cf. *micra* (COLE)

Die Fauna muß wahrscheinlich dem unteren Abschnitt der *Globorotalia palmerae*/*Acarinina aspensis*-Zone (L) zugeordnet werden, kann aber auch noch dem obersten Abschnitt der *Globorotalia aragonensis*-Zone (K) entsprechen.

Bos d'Arros

Die jüngsten Schichten mit Großforaminiferen im Gebiet von Gan stehen nach SCHAUB (1955, S. 410 Fußnote 3; 1962 b, S. 546) nördlich Bos d'Arros (östl. Gan) an. Mehrere Mergelproben aus einem Brunnenaushub unmittelbar nördlich der Straße D 24, zwischen den Bauernhöfen „Pédeguille“ und „Nougués“, enthalten eine ausgezeichnet erhaltene Foraminiferen-Fauna mit folgenden planktonischen Arten:

Globigerina linaperta FINLAY
Globigerina prolata BOLLI
Globigerina cf. *senni* BECKMANN
Globigerina inaequispira SUBBOTINA
Globorotalia broedermanni CUSHMAN & BERMUDEZ
Globorotalia cf. *caucasica* GLAESSNER
Globorotalia aragonensis NUTTALL
Acarinina soldadoensis (BRONNIMANN)
Acarinina aspensis (COLOM)
Acarinina nitida (MARTIN)
Acarinina quetra (BOLLI)
Acarinina cf. *bullbrookii* (BOLLI)

SCHAUB (1962 a, Tab. 1) ordnet die Schichten von Bos d'Arros dem mittleren Cuisien zu. Nach SCHAUB (1962 b, S. 548) gehören die Mergel von Bos d'Arros dem obersten Teil des unteren Cuisien an. Die planktonische Fauna läßt sich am besten mit der unteren Hälfte der *Globorotalia palmerae*-*Acarinina aspensis*-Zone (L) im Profil Zumaya-Guetaria vergleichen.

e) *Chalosse de Montfort*

Aus der Region von Caupenne – Bergouey – St. Cricq der Chalosse de Montfort beschrieben HOTTINGER, SCHAUB & VONDERSCHMITT (1956) zahlreiche Nummulitenfundstellen, die nach SCHAUB (1962 b, 1963) in das oberste Cuisien zu stellen sind. In diesem Gebiet sammelte ich im Bereich der angegebenen Großforaminiferen-Vorkommen Mergelproben. In ihnen kommt eine unterschiedlich reiche planktonische Fauna vor. Die beste Probe stammt aus dem Hohlweg unmittelbar nördlich Jeangazé und wurde zwischen zwei Großforaminiferen-Horizonten genommen. Folgende Arten treten auf:

Globigerina linaperta FINLAY
Globigerina rohvi (BRONNIMANN & BERMUDEZ) (mit Suturalmündungen)
Globorotalia broedermanni CUSHMAN & BERMUDEZ
Globorotalia spinulosa CUSHMAN
Globorotalia caucasica GLAESSNER (Extremformen)
Acarinina aspensis (COLOM)
Acarinina bullbrookii (BOLLI)
Pseudohastigerina micra (COLE)

Die Fauna ist noch etwas jünger als die aus den hangendsten Proben der *Globorotalia caucasica*-Zone (M) von der Halbinsel San Antón bei Guetaria. *Globorotalia spinulosa* kommt im Profil Zumaya-Guetaria noch nicht vor und tritt nach BOLLI (1957 b) in Trinidad erst ab der *Hantkenina aragonensis*-Zone auf.

3. *Vicentin (Norditalien)*

Es standen mir zahlreiche im September 1959 anlässlich der Tagung der Societa Paleontologica Italiana gemeinsam mit Herrn Professor Dr. H. HAGN und Herrn Dr. D. HERM im Vicentin gesammelte Proben zur Verfügung.

Im Gebiet von Bolca (NE Verona) wurden in Großforaminiferen-Schichten des Paleozäns und Untereozäns planktonische Foraminiferen angetroffen.

Westlich Bolca liegt die Typlokalität des „Spilecciano“. HOTTINGER & SCHAUB (1960) und SCHAUB (1962 a) rechnen die Spileccoschichten zum Ilerdien. Die in ihnen auftretenden planktonischen Foraminiferen vergleichen CITA & BOLLI (1961) (fide CITA & PICCOLI 1964) und CITA & PICCOLI (1964) mit der *Globorotalia velascoensis*-Zone. Der Verfasser (1962 b, S. 156) stellte fest, daß die Spileccoschichten Faunenelemente der Zonen F und G des Beckens von Reichenhall und Salzburg enthalten. Die Möglichkeit einer Kondensation oder Aufarbeitung der Fauna wurde in Erwägung gezogen. Im Profil von Zumaya entspricht die Fauna dem oberen Teil der *Globorotalia velascoensis*-Zone (F) und (oder) der *Globorotalia marginodentata*-Unterzone (G₁). Eine Zuordnung zur Unterzone G₁ – zumindest eines Teiles der Spileccoschichten – wird deshalb vertreten, weil nicht in allen Proben *Globorotalia velascoensis* (CUSHMAN) auftritt und *Globorotalia marginodentata* SUBBOTINA vorhanden ist.

Reiche planktonische Faunen stammen aus einem Aufschluß ca. 300 m NW Bolca, unmittelbar östlich der Straße nach Campo (HOTTINGER 1960 b, Fig. 111, Lok. 2). Geringmächtige tuffitische Mergel wechsellagern hier mit Nummulitenkalken. Die beste Probe wurde der 25 cm mächtigen Mergellage im Hangenden der basalen zwei Meter mächtigen Kalkbank entnommen.

Von HOTTINGER (1960 b) und SCHAUB (1962 a) wird der beschriebene Aufschluß in das untere Cuisien (Oblonga-Zone) gestellt. Folgende planktonische Foraminiferen kommen vor:

Globigerina linaperta FINLAY
Globigerina triangularis WHITE
Globigerina prolata BOLLI
Globigerina cf. *inaequispira* SUBBOTINA
Globigerina cf. *turgida* FINLAY
Globorotalia broedermanni CUSHMAN & BERMUDEZ
Globorotalia subbotinae MOROZOVA
Globorotalia formosa BOLLI
Acarinina primitiva (FINLAY)
Acarinina soldadoensis (BRONNIMANN)
Acarinina angulosa (BOLLI)
Acarinina pentacamerata (SUBBOTINA)
Acarinina quetra (BOLLI)

Die Fauna ist gleichaltrig mit der der *Globorotalia formosa*-Unterzone (I₂) im Profil Zumaya-Guetaria. Es handelt sich um die älteste mir zur Zeit bekannte planktonische Foraminiferen-Fauna, die auf Grund der Großforaminiferen bereits dem Cuisien zugerechnet werden muß.

H. PLANKTONISCHE FORAMINIFEREN-FAUNENZONEN IN ANDEREN GEBIETEN

In den letzten Jahren beschrieben mehrere Autoren aus verschiedenen Gebieten der Tethys Zonengliederungen des Alttertiärs nach planktonischen Foraminiferen. Die Faunenzonen wurden nicht immer mit den bereits aus anderen Bereichen bekannten verglichen. Oft ist es schwierig, ohne Vergleichsmaterial aus den beschriebenen Profilen diese aufeinander abzustimmen, besonders dann, wenn sie eventuell Schichtlücken oder unvollständige planktonische Faunen aufweisen. Eine Übersicht und ein Vergleich einiger Faunenzonen-Gliederungen wird in Tabelle 5 gegeben.

1. *Mittelamerika*

BOLLI (1957 a, b) gibt für das Alttertiär von Trinidad (British West Indies) eine detaillierte Zonengliederung nach planktonischen Foraminiferen. LOEBLICH & TAPPAN (1957) teilen das Paleozän der „Gulf and Atlantic Coastal Plains“ in mehrere planktonische Faunenzonen ein. Dieses Gebiet liegt im borealen Bereich mit litoralen Faunen. Die Schichtfolge ist weniger vollständig als in Trinidad, das zur karibischen Provinz der Tethys gehört. BERGGREN (1965) vergleicht die Faunenzonen der Golf-Küste mit denen der karibischen Region (Trinidad B. W. I., Mexiko). Aus dem Alttertiär von Trinidad standen zahlreiche Vergleichsproben zur Verfügung, die ich von Herrn Professor Dr. H. BOLLI (Zürich) erhielt.

2. *Nordalpen*

In den letzten Jahren wurden aus den Nordalpen einige Profile beschrieben, bei denen eine mehr oder minder vollständige Schichtfolge des Paleozäns vorhanden ist. Die kleineren, stratigraphisch weniger umfangreichen Vorkommen können im Rahmen dieser Arbeit nicht berücksichtigt werden.

a) *Becken von Reichenhall und Salzburg*

Der Autor (1962 a, b) wies in dem zu den Nördlichen Kalkalpen gehörenden Becken von Reichenhall und Salzburg über dem Maastricht eine mergelige Schichtfolge nach, die lückenlos bis in das obere Paleozän reicht. Nach einer kurzen Unterbrechung der Sedimentation im tiefsten Cuisien ist eine weitere bis über 1200 m mächtige Schichtfolge bis in das Obereozän (Leden) vorhanden.

Der höhere Abschnitt des unteren Paleozäns und das mittlere Paleozän wurden nur in einem stark gestörten Profil gefunden. Aus diesem Grund war und ist es nicht möglich, sämtliche Faunenzonen vollständig nachzuweisen. Bereits KOLLMANN (1963, 1964) weist darauf hin, daß zwischen den Faunenzonen B und C eine Zone fehlt. Inzwischen wurden weitere Proben im Profil des Eitelgrabens (HILLEBRANDT 1962 b, S. 13) genommen und

dabei ein Mergelaufschluß (unmittelbar neben Probe 2101) entdeckt, der altersmäßig zwischen den Zonen B und C steht. Verglichen mit dem Profil von Zumaya kann diese Probe dem tiefsten Teil der *Globorotalia angulata*-Zone (C) zugeordnet werden.

Die Zonen A und B (HILLEBRANDT 1962 a, b) entsprechen denen im Profil von Zumaya. Die Zonen C und D sind gleich alt mit der *Globorotalia pusilla*-Zone (D) in Zumaya. KOLLMANN (1963, 1964) äußert die Ansicht, daß die Fauna der Zone D älter als die der Zone C sein müsse, weil *Globorotalia angulata* in der Zone D vorkommt, in der Zone C jedoch fehlt. Hierzu ist zu sagen, daß wahrscheinlich ein Teil der von HILLEBRANDT (1962 b) als *Globorotalia pusilla laevigata* BOLLI bezeichneten Gehäuse kleinwüchsigen Formen von *Globorotalia angulata* entsprechen. Gegen die Meinung von KOLLMANN spricht auch die Tatsache, daß *Globorotalia velascoensis* in der Zone D bereits die Tendenz besitzt, vorwiegend links gewundene Gehäuse auszubilden. Es könnte sich allerdings bei der einzig vorhandenen Fundstelle um einen Ausnahmefall handeln. Außerdem fällt auf, daß *Acarinina mckannai* in der Zone D fehlt. Eine Berichtigung ist für Probe 2210 aus dem Eitelgraben anzugeben. In dieser Probe ist *Globorotalia velascoensis* noch gleichmäßig links und rechts gewunden, jedoch *Acarinina mckannai* bereits vorhanden. Im Profil von Zumaya entspricht diese Probe dem oberen Teil der *Globorotalia pusilla*-Zone (D).

Sämtliche weiteren Proben der Zone E und auch noch der größte Teil der Zone F müssen mit der *Globorotalia pseudomenardii*-Zone (E) verglichen werden. Probe 2102 aus dem Eitelgraben enthält *Acarinina soldadoensis* und *Acarinina primitiva* und ist der *Globorotalia velascoensis*-Zone (F) gleichzusetzen. Der Übergang von der Zone F zur Zone G ist in dem ungestörten Profil südlich des Kühlbachs (HILLEBRANDT 1962 b, S. 15) aufgeschlossen. Zwischen den Zonen F und G liegt allerdings ein geringmächtiger Schichtkomplex, der zum Teil eine artenarme Fauna aufweist und der sowohl dem oberen Teil der *Globorotalia velascoensis*-Zone als auch dem tiefsten Abschnitt der *Globorotalia marginodentata*-Unterzone (G₁) des Profils von Zumaya angehört. Die höchsten Proben des Paleozäns im Bereich des Kühlbachs entsprechen bereits der *Globorotalia subbotinae*-Unterzone (G₂).¹

Im Gebiet des Nierentales (HERM 1962) konnte inzwischen in einigen Mergelproben Paleozän nachgewiesen werden, das bisher von dort nicht bekannt war. Mergel mit Faunen der *Globigerina trinidadensis*-Unterzone (A₂) und aus dem oberen Teil der *Globorotalia pusilla*-Zone (D) wurden gefunden. Damit ist bewiesen, daß auch in diesem Gebiet die Sedimentation in der Fazies der Nierentaler Schichten zumindest bis in das mittlere Paleozän reichte.

b) Becken von Gams (Steiermark)

Eine erste mikropaläontologische Bearbeitung der Oberkreide und des Alttertiärs im Becken von Gams erfolgte durch WICHER (1956). Eine detaillierte Untersuchung führte KOLLMANN (1963, 1964) durch. Der Autor sammelte 1958 an den von WICHER beschriebenen Fundstellen zusammen mit Herrn Dr. D. HERM zahlreiche Mikroproben und kam zu dem Ergebnis (HILLEBRANDT 1962 b), daß im Becken von Gams die Schichtfolge des Paleozäns unvollständig ist. Eine Schichtlücke wurde im Bereich der Zonen E und F

¹ Im August 1965 wurde von mir nochmals das Eitelgraben-Profil besucht. Eine Probe bei 600 m (HILLEBRANDT 1962 b, S. 15) aus der bisher aufschlußlosen Strecke zwischen 580 und 650 m ergab eine reiche planktonische Foraminiferenfauna, die sich gut mit der der *Globorotalia lensiformis*-Zone (H) im Profil von Zumaya vergleichen läßt. Im Bereich des Eitelgrabens sind also noch jüngere Schichten als im Kühlgraben vorhanden, die vor der Transgression des Cuisien sedimentiert wurden. Im Gebiet des Kühlbachs wurden diese Schichten bereits vor der Transgression des Cuisien erodiert.

(HILLEBRANDT 1962 b) angenommen. KOLLMANN gelangt zu der Ansicht, daß die Schichtfolge im Becken von Gams lückenlos ist. Dagegen spricht die Tatsache, daß sein Paleozän II und III a (tiefster Teil) nur im Osten des Gebietes vorhanden ist. Der tiefste Teil des Paleozäns III a entspricht der unteren Hälfte der *Globorotalia pusilla*-Zone (D) im Profil von Zumaya, während das übrige Paleozän III a bereits der *Globorotalia velascoensis*-Zone (F) zuzurechnen ist. Es fehlt also die *Globorotalia pseudomenardii*-Zone vollständig, wahrscheinlich aber auch noch der obere Abschnitt der *Globorotalia pusilla*-Zone (E) und vielleicht der untere Teil der *Globorotalia velascoensis*-Zone (F). Die sedimentologisch leicht erklärbare Schichtlücke befindet sich zwischen den noch in der Fazies der Nierentaler Schichten ausgebildeten Mergeln und dem transgressiv darüber liegenden Breccien-Sandsteinkomplex, der im Westen des Beckens von Gams bis auf das Maastricht übergreift.

Die Sedimentation reicht im Becken von Gams bis in die *Globorotalia marginodentata*-Unterzone (G₁) (Profil von Zumaya). Die Verarmungszone im oberen Teil der *Globorotalia velascoensis*-Zone im Becken von Reichenhall und Salzburg könnte mit der Schichtlücke im Becken von Gams in Verbindung gebracht werden. Eine teilweise Regression des Meeres aus dem Gebiet der Nördlichen Kalkalpen kann bewirkt haben, daß ein Faunenaustausch mit anderen Gebieten nicht mehr so gut gewährleistet wurde und dadurch eine Verarmung der Fauna eintrat.

c) Haunsberg (nördl. Salzburg)

Das Helvetikum am Haunsberg nördlich von Salzburg ist für vergleichende stratigraphische Untersuchungen wichtig, weil in diesem Gebiet aus dem Paleozän von TRAUB (1938, 1953) eine reiche Megafauna beschrieben wurde. GOHRBANDT (1963) war es möglich, dieselbe Schichtfolge in Faunenzonen nach planktonischen Foraminiferen zu gliedern.

Vergleichsproben aus diesen Faunenzonen standen mir zur Verfügung. Die Zonen A, B, C und D sind ungefähr den mit denselben Buchstaben bezeichneten Zonen im Profil von Zumaya gleichzusetzen. Die Zone C bei GOHRBANDT entspricht allerdings nicht wie angegeben vollkommen der *Globorotalia pusilla pusilla*-Zone BOLLIS, sondern nur der unteren Hälfte, während die Zone D zum oberen Teil der *Globorotalia pusilla pusilla*-Zone BOLLIS gerechnet werden muß. Der tiefere Teil der Zone E bei GOHRBANDT ist mit der *Globorotalia pseudomenardii*-Zone gleich alt, während der höhere Abschnitt mit den ersten Nummuliten der *Globorotalia velascoensis*-Zone zugeordnet werden kann. Die individuen- und artenarme Fauna der Zone F bei GOHRBANDT erlaubt keine genaue Einordnung in die planktonischen Faunenzonen des Alttertiärs. Die in dieser Zone vorkommenden Großforaminiferen gehören bereits dem unteren Cuisien (Oblonga-Zone) an. Die Zone F wird von GOHRBANDT mit der *Globorotalia rex*-Zone BOLLIS verglichen. Diese Zone muß jedoch noch vollständig dem oberen Paleozän (Ilerdien) zugerechnet werden. Entweder sind die planktonischen Foraminiferen der Zone F bei GOHRBANDT umgelagert, oder sie gehören einer jüngeren Faunenzone an. Zwischen den Zonen E und F muß mit einer Schichtlücke gerechnet werden, die das mittlere und obere Ilerdien umfaßt.

Die von TRAUB bearbeiteten Megafaunen der Faunenzonen C und D entsprechen denen des Thanétien. Im tieferen Teil der Zone C weisen die Megafaunen noch Anklänge an das Montien auf.

3. Südalpen und Apennin

a) Paderno d'Adda bei Mailand

BOLLI & CITA (1960) beschreiben ein Profil bei Paderno d'Adda (östlich Mailand), das vom Maastrichtien bis in das Lutétien reichen soll und mit den von BOLLI (1957 a, b) aus Trinidad angegebenen Faunenzonen verglichen wird. Drei Großforaminiferen-Horizonte kommen vor. Der tiefste liegt innerhalb der *Globorotalia velascoensis*-Zone und wird in das obere Paleozän, bei LUTERBACHER & PREMOLI SILVA (1964) in das mittlere Ilerdien gestellt. Die Nummuliten aus dem obersten Abschnitt der *Globorotalia rex*-Zone werden dem Cuisien und die aus Schicht 11 im hangenden Teil des Profils dem Lutétien zugerechnet. Die von BOLLI & CITA erzielten Ergebnisse stimmen nicht mit denen des Autors überein. Vergleichsproben aus der *Globorotalia velascoensis*-Zone (Schicht 31) und der *Globorotalia formosa formosa*/*Globorotalia aragonensis*-Zone (Schicht 35) erhielt ich durch Herrn Dr. H. P. LUTERBACHER (Basel). Die Fauna der Proben ist zum Teil sehr schlecht erhalten. Die Probe aus Schicht 31 enthält auch umgelagerte Kreidefauna und kleinwüchsige Gehäuse von *Globorotalia velascoensis*, die ebenfalls umgelagert sein dürften. Am Profil von Paderno d'Adda fällt auf, daß die Gesamtmächtigkeit der Schichtfolge (ca. 150 m) sehr gering ist. Besonders die Faunenzonen im Hangenden der *Globorotalia rex*-Zone sind geringmächtig, so zum Beispiel die *Globorotalia formosa formosa*/*Globorotalia aragonensis*-Zone nur ca. 11 m. Innerhalb der *Globorotalia velascoensis*-Zone werden zwei Proben angegeben, die nur umgelagerte Faunen der *Globorotalia trinidadensis*/*Globigerina daubjergensis*-Zone enthalten. Im Profil bei Paderno d'Adda muß zum Teil wegen der geringen Mächtigkeit mit Kondensation gerechnet werden. Außerdem sind Umlagerungen auch in höheren Abschnitten des Profils nicht ausgeschlossen.

b) Monte Baldo (Gardasee)

BOLLI, CITA & SCHAUB (1962) untersuchten am Monte Baldo (westlich Gardasee) drei Profile des Alttertiärs, in denen sowohl Großforaminiferen als auch planktonische Foraminiferen vorkommen. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, daß die Paleozän/Eozän-Grenze zwischen der *Globorotalia velascoensis*-Zone und der *Globorotalia rex*-Zone liegt. Dieses Resultat stimmt mit meinen Untersuchungen in anderen Gebieten nicht überein. Zunächst fällt an allen drei Profilen auf, daß sie außerordentlich geringmächtig und nach Angaben von BOLLI, CITA & SCHAUB sehr lückenhaft sind. Im Profil bei Castione beträgt die Mächtigkeit von der *Globorotalia velascoensis*-Zone bis zur *Globorotalia palmerae*-Zone nur 5,65 m. Die beiden anderen Profile sind noch weniger mächtig. Im Profil von Zumaya wurden während der gleichen Zeit ungefähr 2000 m mächtige Schichten abgelagert. In einzelnen Proben fanden die Autoren auch ältere, umgelagerte Faunen. Meines Erachtens muß auch bei den anderen Proben mit Umlagerungen und Kondensation gerechnet werden, so daß bei Vergleichen größte Vorsicht angebracht ist und eine fehlende Übereinstimmung zu anderen Gebieten erklärbar wird.

c) Apennin

LUTERBACHER & PREMOLI SILVA (1962, 1964) beschreiben aus dem zentralen Apennin 20 Profile, von denen das Profil von Gubbio vom Cenoman bis in das Oligozän reicht und die übrigen die Kreide/Tertiär-Grenzschichten umfassen. Auf die Unterteilung der tiefsten Faunenzonen des Paleozäns durch LUTERBACHER & PREMOLI SILVA (1964) wurde bereits bei der Besprechung der *Globigerina edita-trinidadensis*-Zone (A) (S. 15) eingegangen.

4. Ägypten

Aus dem Alttertiär von Ägypten wurde in den letzten Jahren eine Reihe von Profilen bekannt. Eine Übersicht über die verschiedenen Arbeiten gibt BERGGREN (1956). Die meisten Profile weisen über dem Maastrichtien eine Schichtlücke auf. Nur bei dem von SAID & SABRY (1964) untersuchten Profil von Gebel Aweina folgt über der Oberkreide eine offenbar lückenlose Schichtfolge bis in das oberste Paleozän.

Besonders wichtig ist das Profil der Oase Farafra, da hier zusammen mit den ältesten Nummuliten planktonische Foraminiferen auftreten. Die Foraminiferen beschrieben SCHWAGER (1883), LEROY (1953) und SAID & KIRDANY (1961). Zwei Proben, die 3 und 4,5 m im Hangenden des „Magfi Limestone“ genommen wurden, verdanke ich Herrn Dr. H. P. LUTERBACHER (Basel). Im „Magfi Limestone“ kommen im Profil der Oase Farafra die ersten Nummuliten vor. Die vom Autor (1962 b, S. 153) schon früher geäußerte Ansicht, daß die „*Globorotalia velascoensis-simulatis*-Zone“ bei SAID & KIRDANY (1961) der *Globorotalia velascoensis*-Zone BOLLIS entspricht, wird durch die Vergleichsproben bestätigt. Es muß sich um ein stratigraphisch sehr hohes Niveau innerhalb dieser Zone handeln, da bereits neben den Acarininen *Globorotalia planoconica* SUBBOTINA und *Globanomalina ovalis* HAQUE vorkommen.

5. Pakistan

Eine Zusammenfassung verschiedener Alttertiär-Profile im Bereich von Indien – Pakistan – Burma gibt NAGAPPA (1959). Bis auf das Danien wird die Stratigraphie des Paleozäns und Eozäns hauptsächlich mit Großforaminiferen und Megafossilien durchgeführt. Planktonische Foraminiferen treten nur untergeordnet auf, so daß selten ein direkter Vergleich möglich ist.

Aus dem von HAQUE (1956) beschriebenen Alttertiär-Profil der Salt Range lagen dem Autor zahlreiche Originalproben vor. Reichere planktonische Faunen enthalten vor allem die Proben B 62 und B 68 aus der „*Quinqueloculina gapperi*-Zone“ der basalen „Nammal shales“ der „Laki formation“. Die Faunen entsprechen genau denen der „*Globorotalia velascoensis-simulatis*-Zone“ bei SAID & KIRDANY (1961). Sie sind also gleich alt mit dem höchsten Teil der *Globorotalia velascoensis*-Zone bei BOLLIS (1957 a) und im Profil von Zumaya. Zusätzlich zu den für diese Zone typischen Acarininen, *Globorotalia aequa* und *Globorotalia velascoensis* sind wie in Ägypten *Globorotalia planoconica* und *Globanomalina ovalis* vorhanden. In der „Laki formation“ kommen auch die ersten Nummuliten, Assilinen und Alveolinen vor, die nach HOTTINGER & SCHAUB (1960) für Ilerdienalter sprechen. Die „Nammal shales“ enthalten nach HOTTINGER (1960 a, S. 283; 1960 b, S. 74) *Alveolina aramaea*, die für das tiefste Ilerdien (*Cucumiformis*-Zone) leitend ist.

6. Rußland

Im nördlichen Kaukasus und der Krim wurden von mehreren russischen Autoren Zonengliederungen nach planktonischen Foraminiferen durchgeführt. Eine Übersicht über die verschiedenen Arbeiten in diesen Gebieten gibt BERGGREN (1960, 1964). LUTERBACHER & PREMOLI SILVA (1964) vergleichen die Faunenzonen des Kaukasus und der Krim mit denen anderer Gebiete. In der Tabelle 5 werden nur die neuesten Arbeiten über die Krim (MOROZOVA 1960, 1961) und den Kaukasus (ALIMARINA 1963, LEONOV & ALIMARINA 1964) berücksichtigt.

Wie der Autor (1962 b) feststellte, tritt im Kaukasus *Globorotalia velascoensis* nicht auf, und es wurde deshalb eine Schichtlücke vermutet. Das Fehlen dieser Art kann aber auch durch ungünstige ökologische Verhältnisse erklärt werden. BERGGREN (1964) und LUTERBACHER & PREMOLI SILVA (1964) nehmen keine Schichtlücke an. Auch im Gebiet der Krim enthalten nicht sämtliche Zonen planktonische Foraminiferen, und häufig ist die Fauna – wahrscheinlich auch hier ökologisch bedingt – artenarm. Es fehlen sehr oft die Globorotalien. BERGGREN (1964, Tabelle) vermutet im Profil der Krim Schichtlücken. Im Gebiet der Krim besteht die Möglichkeit, die planktonischen Faunenzonen des tieferen Paleozäns mit Megafossilzonen zu vergleichen, die ihrerseits wiederum mit den Stufen des Paleozäns im anglogallischen Becken korreliert werden können. Die Nummuliten, Assilinen und Operculinen der Krim wurden von NEMKOV & BARCHATOVA (1961) beschrieben und mit diesen Großforaminiferen eine Zonengliederung aufgestellt. Die dem Untereozän zugerechneten Zonen gehören zum Teil noch dem Ilerdien an; die *Operculina semiinvoluta*-Zone vollständig und die *Nummulites crimensis*-Zone zumindest teilweise. Bis auf die *Nummulites incrassatus*-Zone (wahrscheinlich Leden) müssen die übrigen Zonen noch zum Cuisien gerechnet werden. Lutétien scheint zu fehlen, da die *Nummulites polygratus*-Zone noch dem höchsten Cuisien angehört. In der *Operculina semiinvoluta*-Zone und in der *Assilina placentula*-Zone kommt *Globorotalia subbotinae* MOROZOVA vor.

TABELLE 5

[illegible]

I. VERGLEICH DER FAUNENZONEN NACH PLANKTONISCHEN FORAMINIFEREN UND GROSSFORAMINIFEREN

Die planktonischen Foraminiferen-Faunenzonen lassen sich – mit geringen Abweichungen – in fast allen bisher bekannten Tethysprofilen wiedererkennen. Anders ist dies bei den Großforaminiferen. Die Verbreitung der Alveolinen ist regional begrenzt, da deutliche Faunenprovinzen ausgebildet sind. In Mittelamerika kommen sie zum Beispiel überhaupt nicht vor. Das Auftreten der Alveolinen ist – abgesehen von Umlagerungen – auf einen schmalen Lebensraum im litoralen Bereich beschränkt. Nach HOTTINGER (1960 a) lebten sie auf detritusarmen Meeresböden von geringer Tiefe und mieden Brackwasser. Die etwas tieferen und mehr küstenfernen Gebiete wurden von den Nummulitidae bevorzugt. Die Faunenprovinzen besitzen bei ihnen einen größeren Umfang. In Mittelamerika fehlen allerdings die Assilinen vollständig, und Nummuliten treten nur untergeordnet auf.

Das tiefste Paleozän wurde bisher nicht nach Großforaminiferen in Faunenzonen eingeteilt. Im Danien fehlen großwüchsige Foraminiferen. Verschiedene Arten der Gattungen *Rotalia*, *Lockhartia*, *Storrsella*, *Sakesaria*, *Daviesina*, *Smoulina*, *Operculina*, *Ranikothalia* und *Miscellanea* dürften eine Zonengliederung litoraler Sedimente im unteren und mittleren Paleozän ermöglichen.

Die tiefste Biozone bei HOTTINGER (1960 a, b) ist die der *Operculina heberti* MUNIER-CHALMAS (= ? *Operculina pseudoheberti* MANGIN). Nach MANGIN (1959–1960) kommt *O. heberti* zusammen mit *Alveolina primaeva* und *Fallotella alavensis* vor, während *O. pseudoheberti* gemeinsam mit *Discocyclina seunesi* DOUVILLÉ schon früher auftritt. Im Profil von Musquiz (S. 40) und im Profil von Fabas (S. 41) entsprechen der *Operculina pseudoheberti*-Zone die *Globorotalia pusilla*-Zone (D) des Profils von Zumaya. Großforaminiferen der Primaeva-Zone wurden nur im Profil von Musquiz (S. 40) zusammen mit planktonischen Foraminiferen angetroffen, wo sie der *Globorotalia pseudomenardii*-Zone (E) angehören.

Die *Globorotalia velascoensis*-Zone (F) – zumindest ihr oberer Abschnitt – muß bereits zur Cucumiformis-Zone gerechnet werden, da die ältesten Nummuliten der Oase Farafra nach LUTERBACHER & PREMOLI SILVA (1964, Fig. 12) dieser Zone entsprechen. In Pakistan (S. 58) kommen ebenfalls Großforaminiferen und planktonische Foraminiferen der Cucumiformis-Zone und der *Globorotalia velascoensis*-Zone (F) gleichzeitig vor.

Ob auch noch ein Teil der *Globorotalia velascoensis*-Zone zur Ellipsoidalis-Zone gezählt werden muß, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden. Aus dem Profil von Campo (S. 36) geht hervor, daß die obere Hälfte der Ellipsoidalis-Zone bereits in die *Globorotalia subbotinae*-Unterzone (G₂) gestellt werden muß. Auch die Moussoulensis-Zone gehört im Profil von Campo und im Becken von Tremp (S. 35) noch zur *Globorotalia subbotinae*-Unterzone (G₂). Die *Globorotalia lensiformis*-Zone (H) beginnt in Campo dicht über der Obergrenze der Moussoulensis-Zone. Die Grenze zwischen der Corbarica- und Trempina-Zone muß innerhalb der *Globorotalia lensiformis*-Zone liegen. Das „Niveau de Coudures“ befindet sich

bereits innerhalb der *Globorotalia formosa/Acarinina angulosa*-Zone (I), was aus dem Profil von Campo und der Lokalität Encot bei Gan (S. 42) hervorgeht. Das „Niveau de Coudures“ dürfte bis in die *Globorotalia formosa*-Unterzone (I₂) reichen. Die tiefste planktonische Cuisien-Fauna wurde bei Bolca (S. 44) im Vicentin gefunden. Die Fauna gehört noch der *Globorotalia formosa*-Unterzone (I₂) an. Die Oblonga-Zone (unteres Cuisien) umfaßt die *Globorotalia aragonensis*-Zone (K) und auch noch den tiefsten Teil der *Globorotalia palmerae/Acarinina aspensis*-Zone (L) im Profil von Zumaya-Guetaria, bei Berdoulou und Gan (S. 42) südlich Pau in der Aquitaine.

Der Dainelli-Zone (mittleres Cuisien) gehört der größte Teil der *Globorotalia palmerae/Acarinina aspensis*-Zone (L) an, und die Dainelli-Zone reicht noch bis in die untere Hälfte der *Globorotalia caucasica*-Zone (M). Das oberste Cuisien der Chalosse de Montfort (S. 44) enthält eine planktonische Foraminiferen-Fauna, die noch zur *Globorotalia caucasica*-Zone gerechnet werden kann. Die für die *Hantkenina aragonensis*-Zone (BOLLI 1957 b) des Lutétien typische Gattung *Hantkenina* fehlt noch. Außerdem wurde *Globorotalia caucasica* in der *Hantkenina aragonensis*-Zone noch nicht beobachtet.

K. VERGLEICH DER FAUNENZONEN MIT DEN STUFEN DES ALTERTIÄRS

Ein Vergleich der Faunenzonen verschiedener Fossilgruppen untereinander ist weniger schwierig als der mit den Stufen des Alttertiärs. Häufig ist eine direkte Gegenüberstellung nicht möglich, da die gesuchte Fossilgruppe an der Typlokalität der Stufe nicht vorkommt.

Die meisten Stufennamen des Alttertiärs stammen aus dem anglogallischen Becken, das dem borealen Bereich von Mitteleuropa angehört. Die Schichtfolge ist in diesem Gebiet unvollständig. Transgressionen und Regressionen wechseln miteinander ab. Marine und nicht marine Ablagerungen werden angetroffen. Sowohl planktonische Foraminiferen als auch Großforaminiferen treten nur vereinzelt auf. Zum Vergleich müssen deshalb auch Megafossilien herangezogen werden, die in anderen Gebieten zusammen mit den gewünschten Fossilgruppen vorkommen und so eine Gegenüberstellung mit dem anglogallischen Becken ermöglichen.

Als tiefste Stufe des Alttertiärs ist das Danien zu betrachten. Da an der Typlokalität des Danien planktonische Foraminiferen vorhanden sind, ist hier ein direkter Vergleich möglich. Sie entsprechen denen der *Globigerina edita-trinidadensis*-Zone (A) und zumindest einem Teil der *Globorotalia inconstans-uncinata*-Zone (B) in der Tethys. *Globorotalia inconstans* und *Globorotalia uncinata* kommen zwar – wahrscheinlich ökologisch bedingt – im Danien der Typlokalität nicht vor, jedoch Endformen der *Globigerina daubjergensis*-Reihe (HILLEBRANDT 1962 b, S. 124), wie sie HOFKER (1960) aus dem Danien V beschreibt, und die auch in der *Globorotalia inconstans-uncinata*-Zone auftreten.

Das Montien wird gewöhnlich als die über dem Danien folgende Stufe betrachtet. Im Gegensatz hierzu nehmen LOEBLICH & TAPPAN (1957 a) an, daß das Danien und Montien gleich alt sind. BERGGREN (1965) vertritt die Auffassung, daß das Montien mit dem oberen Danien übereinstimmt. Er nimmt an, daß die *Globorotalia uncinata*-Zone (= *Globorotalia inconstans-uncinata*-Zone des Autors) dem Montien und obersten Danien entspricht. Wahrscheinlich überschneiden sich Montien und Danien, wobei jedoch das Montien noch etwas jüngere Schichten enthält.

Im Gebiet der Krim werden von SCHUTZKAJA (fide LUTERBACHER & PREMOLI SILVA 1964) die planktonischen Foraminiferen-Zonen mit den Megafaunen-Zonen verglichen, die dem Danien und Montien angehören. Das Montien beginnt auf Grund dieses Vergleiches entweder noch im obersten Teil der *Globigerina edita-trinidadensis*-Zone oder mit der *Globorotalia inconstans-uncinata*-Zone. Die Abgrenzung zum Hangenden hin kann nicht angegeben werden. Im Helvetikum des Haunsberg (S. 49) weisen die tiefsten von TRAUB (1938, 1953) bestimmten Megafossilien noch Anklänge zum Montien auf. Diese Megafaunen stammen aus der *Globorotalia angulata*-Zone (C). Die Obergrenze des Montien dürfte also im Grenzbereich der *Globorotalia angulata*-Zone (C) liegen.

Über dem Montien folgt im anglogallischen Becken das Landenien. Die Begriffe Thañétien und Sparnacien werden nach GIGNOUX (1955, S. 475) nicht benützt, da diese Stufen

lediglich Faziesdifferenzierungen innerhalb des Landenien darstellen. Die aus dem Landenien (Thanet) Englands beschriebenen planktonischen Foraminiferen werden neuerdings von HAYNES & EL-NAGGAR (1964) als umgelagert angesehen. LEONOV & ALIMARINA (1961) halten die dem Thanétien entsprechenden Molluskenfaunen der Syzran Formation des Wolga-Beckens für gleich alt mit ihrer *Globorotalia conicotruncata-tadjikistanensis*-Zone, die ungefähr der *Globorotalia pusilla*-Zone (D) und der *Globorotalia pseudomenardii*-Zone (E) entspricht. Am Haunsberg umfassen die Megafaunen des Thanet zumindest noch die Zone D bei GOHRBANDT (1963) (= *Globorotalia pusilla*-Zone). Wahrscheinlich muß auch noch der tiefere Teil der Zone E (= *Globorotalia pseudomenardii*-Zone) zum Landenien gerechnet werden.

Das Ilerdien stammt als einzige Stufe nicht aus dem anglogallischen Becken, sondern aus dem Becken von Tresp (S. 33) in den Südpirenen. Diese Stufe wurde von HOTTINGER & SCHAUB (1960) eingeführt, da zwischen dem Landenien und dem Cuisien im anglogallischen Becken eine bedeutende Schichtlücke besteht. Sie muß eine relativ große Zeitspanne umfassen, da während dieser Zeit in der Tethys zum Teil sehr mächtige Schichtfolgen mit mehreren Faunenzonen abgelagert wurden. Ein eigener Stufenname scheint deshalb für diese Zeitspanne vollauf gerechtfertigt.

An der Typlokalität wurde das Ilerdien von HOTTINGER (1960 a, b) nach Alveolinen in Biozonen unterteilt, und die im Becken von Tresp fehlenden Zonen aus anderen Gebieten ergänzt. Ein direkter Vergleich mit planktonischen Foraminiferen ist im Becken von Tresp nur im mittleren Ilerdien möglich. Es mußten zum Vergleich auch andere Profile herangezogen werden. Das Ilerdien beginnt mit der *Globorotalia velascoensis*-Zone (F) und reicht bis in die *Globorotalia formosa*-Unterzone (I₂).

Der Anfang des Eozäns wird nach HOTTINGER & SCHAUB (1960) durch die Cuisien-Transgression im Pariser Becken gekennzeichnet. Die im Cuisien des anglogallischen Beckens vorkommenden Großforaminiferen gehören der Oblonga-Zone an. Das mittlere und obere Cuisien (Dainelli- und Violae-Zone) fehlen in diesem Gebiet. Der oberste Abschnitt der *Globorotalia formosa*-Unterzone (I₂), die *Globorotalia aragonensis*-Zone (K), die *Globorotalia palmerae/Acarinina aspensis*-Zone (L) und die *Globorotalia caucasica*-Zone (M) entsprechen den Großforaminiferen-Zonen des Cuisien (S. 54). Das Lutétien setzt mit der neuerlichen Transgression des Meeres im anglogallischen Becken ein.

L. ZUSAMMENFASSUNG

Das Alttertiär zwischen Zumaya und Guetaria (Provinz Guipúzcoa, NW-Spanien) wird beschrieben. Das sehr gut aufgeschlossene Profil ist über 2000 m mächtig und läßt sich lithologisch in mehrere Sedimentationsabschnitte unterteilen. Vom Liegenden zum Hangenden nimmt kontinuierlich der Flyschcharakter der Sedimente zu. Mit Hilfe der planktonischen Foraminiferen in den Peliten kann die Schichtfolge in 12 Faunenzonen gegliedert werden, die mit denen in anderen Gebieten übereinstimmen. Großforaminiferen in einigen Horizonten des oberen Ilerdien und Cuisien erlauben einen Vergleich mit den Großforaminiferen-Faunenzonen des Alttertiärs. Profile aus anderen Gebieten werden herangezogen, um auch die planktonischen Foraminiferen-Faunenzonen der älteren Schichten mit denen nach Großforaminiferen zu vergleichen und die für das Cuisien gefundenen Ergebnisse im Profil Zumaya-Guetaria zu unterbauen. Die Südpirenen und die Aquitaine erwiesen sich für einen Vergleich als besonders günstig. Das Profil von Campo (Provinz Huesca) wird ausführlich beschrieben, da in diesem Gebiet planktonische Foraminiferen und Großforaminiferen des Ilerdien zusammen vorkommen. Unter Heranziehung zahlreicher weiterer Profile ist es möglich, die Faunenzonen der verschiedenen Foraminiferen-Gruppen aufeinander abzustimmen. Zum Schluß werden die Faunenzonen mit den Stufen des Alttertiärs verglichen, wobei auch die Megafaunen zu berücksichtigen waren.

Résumé

Le Paléogène entre Zumaya et Guetaria (province de Guipuzcoa, NW de l'Espagne) est décrit. La série très bien exposée a plus de 2000 m d'épaisseur et peut être subdivisée en plusieurs phases de sédimentation grâce à sa lithologie. De bas en haut le caractère de flysch des sédiments augmente constamment. À l'aide des foraminifères planctoniques dans les pélites la série peut être divisée en 12 biozones qui correspondent à celles d'autres régions. Les grands foraminifères de quelques horizons de l'Ilerdien supérieur et du Cuisien permettent une comparaison avec les biozones à grands foraminifères du Paléogène. Des coupes d'autres régions sont prises en considération pour comparer également les biozones à foraminifères planctoniques des couches plus anciennes avec celles à grands foraminifères et pour étayer les résultats obtenus dans la coupe Zumaya-Guetaria. Les Pyrénées méridionales et l'Aquitaine s'avèrent particulièrement favorables à de telles comparaisons. La coupe de Campo (province de Huesca) est décrite en détail, car dans cette région les foraminifères planctoniques et les grands foraminifères de l'Ilerdien se trouvent ensemble. En se servant de nombreuses autres coupes il est possible de mettre en corrélation les biozones des différents groupes de foraminifères. Finalement, les biozones sont comparées avec les étages du Paléogène, en tenant compte également des mégafaunes.

M. LITERATURVERZEICHNIS

- AKERS, W. H.: Ecologic aspects and stratigraphic Significance of the foraminifer *Cyclammina cancellata* BRADY. – J. Pal., 28, S. 132–152, 10 Textfig., 5 Tab., Tulsa, Okl. 1954.
- ALIMARINA, V. P.: (Einige Eigentümlichkeiten der Entwicklung planktonischer Foraminiferen im Zusammenhang mit der zonaren Gliederung im unteren Paleogen des nördlichen Kaukasus). – Akad. nauk SSSR, Voprosy micropal., 7 (1963), S. 158–195, 2 Tab., 4 Textabb., Moskau 1963 (russ.).
- BANDY, O. L.: Distribution of foraminifera, radiolaria and diatoms in sediments of the Gulf of California. – Micropaleont., 7 (1), S. 1–26, 14 Textfig., 3 Tab., 5 Taf., New York 1961.
- BANDY, O. L. & ARNAL, R. E.: Concepts of foraminiferal Paleocology. – Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., 44 (12), S. 1921–1932, 14 Textfig., Tulsa, Okl. 1960.
- BECKMANN, J. P.: Correlation of pelagic and reefal faunas from the Eocene and Paleocene of Cuba. – Eclogae Geol. Helv., 51 (2), S. 416–422, 2 Fig., Basel 1958.
- BERGGREN, W. A.: Paleogene biostratigraphy and planktonic Foraminifera of the SW Soviet Union. An analysis of recent Soviet investigations. – Stockholm Contr. Geol. 6 (5), S. 63–125, 7 Tab., 2 Textabb., Stockholm 1960.
- Biostratigraphy of the Paleocene-Lower Eocene of Luxor and nearby Western Desert. – Petrol. Explor. Soc. Libya 6. Ann. Field Conf., 1964, Guide to the Geology and Archaeology of Egypt, S. 149–176, 8 Textfig., 5 Tab., 1964.
- The recognition of the *Globorotalia uncinata* Zone (Lower Paleocene) in the Gulf Coast. – Micropaleont., 11 (1), S. 111–113, 2 Textfig., New York 1965.
- BOLLI, H. M.: The genera *Globigerina* and *Globorotalia* in the Paleocene-lower Eocene Lizard Springs formation of Trinidad, B.W.I. – Studies in Foraminifera. – U.S. Nat. Mus. Bull. 215, S. 61–81, Textfig. 11–13, Taf. 15–20, Washington 1957 (1957 a).
- Planktonic Foraminifera from the Eocene Navet and San Fernando formations of Trinidad, B.W.I. – Studies in Foraminifera. – U.S. Nat. Mus. Bull. 215, S. 155–172, Textfig. 25–26, Taf. 35–39, Washington 1957 (1957 b).
- BOLLI, H. M. & CITA, M. B.: Globigerine e Globorotalie del Paleocene di Paderno d'Adda (Italie). – Riv. Ital. Paleont., 63 (3), S. 361–402, 2 Fig., Taf. 33–35, Mailand 1960.
- Upper Cretaceous and Lower Tertiary Planktonic Foraminifera from the Paderno d'Adda Section, Northern Italy. – Internat. Geol. Congr., Rep. 21. Session Norden 1960, 5, The Cretaceous-Tertiary Boundary, S. 150–161, 3 Fig., Copenhagen 1960.
- BOLLI, H. M., CITA, M. B. & SCHAUB, H.: Il limite Cretaceo-Terziario nella catena del Monte Baldo. – Mem. Soc. Geol. Italiana, 3, S. 149–168, 5 Fig., Pavia 1962.
- BROTZEN, F. & POZARYSKA, K.: Foraminifères du Paléocène et de l'Eocène inférieur en Pologne septentrionale remarques paléogéographiques. – Rev. Micropaléont., 4 (3), S. 155–166, 4 Taf., Paris 1961.
- CHIERICI, M. A., BUSI, M. T. & CITA, M. B.: Contribution à une étude écologique des Foraminifères dans la mer Adriatique. – Rev. Micropaléont., 5 (2), S. 123–142, 2 Tab., 4 Fig., 2 Taf., Paris 1962.
- CITA, M. B. & PICCOLI, G.: Les stratotypes du Paléogène d'Italie. – Colloque sur le Paléogène (Bordeaux, Septembre 1962). – Mém. Bureau Rech. Geol. Min., 28, S. 653–684, 8 Fig., Paris 1964.
- GARTNER, S. JR. & HAY, W. W.: Planktonic Foraminifera from the Type Ilerdian. – Eclogae Geol. Helv., 55 (2), S. 553–572, 1 Tab., 2 Taf., Basel 1962.

- GIGNOUX, M.: Stratigraphic Geology. – XII, 682 S., 154 Fig., W. H. Freeman & Co., San Francisco (Calif.) 1955.
- GOHRBANDT, K.: Zur Gliederung des Paläozän im Helvetikum nördlich Salzburg nach planktonischen Foraminiferen. 1. Teil: Paleozän und tiefstes Untereozän. (Mit Beiträgen von PAPP, A. [Großforaminiferen] & STRADNER, H. [Nannoflora]). – Mitt. Geol. Ges. Wien, **56** (1), 1963, S. 1–116, 7 Textfig., 1 Tab., 11 Taf., Wien 1963.
- GOMEZ DE LLARENA, J.: Revision de algunos datos paleontológicos de Flysch Cretáceo y Numulítico de Guipúzcoa. – Not. y Com. Inst. Geol. Min. España, 1946, **15**, S. 113–162, 5 Textfig., 8 Taf., Madrid 1946.
- Observaciones geológicas en el Flysch Cretácico-Numulítico de Guipúzcoa. I. – Monogr. Inst. „Lucas Mallada“ Invest. Geol., **13**, 98 S., 18 Textfig., 51 Taf., Madrid 1954.
 - Observaciones geológicas en el Flysch Cretácico-Numulítico de Guipúzcoa. II. – Monogr. Inst. „Lucas Mallada“ Invest. Geol., **15**, 47 S., 7 Textfig., 14 Taf., Madrid 1956.
- HAQUE, M.: The Foraminifera of the Ranikot and the Laki of the Nammal Gorge, Salt Range. – Mem. Geol. Surv. Pakistan, Palaeontologia Pakistanica, **1**, 300 S., 35 Taf., Pakistan 1956.
- HAYNES, J. & EL-NAGGAR, Z. R.: Reworked Upper Cretaceous and Danian planktonic foraminifera in the type Thanetian. – Micropaleont., **10** (3), S. 354–356, New York 1964.
- HERM, D.: Stratigraphische und mikropaläontologische Untersuchungen der Oberkreide im Lattengebirge und Nierental (Gosaubecken von Reichenhall und Salzburg). – Bayer. Akad. Wiss., math.-nat. Kl., N. F., **104**, 119 S., 9 Abb., 11 Taf., München 1962 (1962 a).
- Die Schichten der Oberkreide (Untere, Mittlere und Obere Gosau) im Becken von Reichenhall (Bayrische/Salzbürger Alpen). – Z. D. Geol. Ges., **113** (3), S. 320–338, 4 Abb., Hannover 1962 (1962 b).
 - Mikropaläontologisch-stratigraphische Untersuchungen im Kreideflysch zwischen Deva und Zumaya (Prov. Guipúzcoa, Nordspanien). – Z.D. Geol. Ges., **115**, S. 277–348, 16 Abb., 1 Taf., 2 Tab., Hannover 1965.
- HILLEBRANDT, A. V.: Das Alttertiär im Becken von Reichenhall und Salzburg (Nördliche Kalkalpen). – Z.D. Geol. Ges., **113**, S. 339–358, 7 Abb., Hannover 1962 (1962 a).
- Das Paleozän und seine Foraminiferenfauna im Becken von Reichenhall und Salzburg. – Bayer. Akad. Wiss., math.-nat. Kl., N. F., **108**, 182 S., 12 Abb., 15 Taf., München 1962 (1962 b).
 - Das Alttertiär im Mont-Perdu-Gebiet (Spanische Zentralpyrenäen). – Eclogae geol. Helv., **55** (2), 1962, S. 295–315, 3 Textfig., 6 Taf., Basel 1962 (1962 c).
 - Zur Entwicklung der planktonischen Foraminiferen im Alttertiär und ihre stratigraphische Bedeutung. – Paläont. Z., **38** (3/4), S. 189–206, 5 Textabb., Stuttgart 1964.
- HOFKER, J.: Foraminifera from the cretaceous of South-Limburg, Netherlands, XLVIII. *Globigerina daubjergensis* BRÖNNIMANN and the age of Me and Lower Paleocene above the upper Md in the quarry Curfs, near Houthem, and the age of the Cr 4 below the Ma. – Nat. Maanblad, **49** (3/4), S. 34–41, 4 Taf., Maastricht 1960.
- Studien an planktonischen Foraminiferen. – Neues Jb. Geol. Paläont., Abh., **114** (1), S. 81–134, 85 Abb., Stuttgart 1962.
- HOTTINGER, L.: Géologie du Mont Cayla (Aude, Aquitaine orientale). – Eclogae Geol. Helv., **51** (2), S. 437–451, 8 Fig., 1 Taf., Basel 1958.
- Über paleocaene und eocaene Alveolinen. – Eclogae Geol. Helv., **53** (1), 1960, S. 265–283, 3 Textfig., 21 Taf., 1 Tab., Basel 1960 (1960 a).
 - Recherches sur les Alvéolines du Paléocène et de l'Eocène. – Schweiz. Pal. Abh., **75/76**, 243 S., 117 Textfig., 1 Tab., 18 Taf., Basel 1960 (1960 b).
- HOTTINGER, L. & SCHAUB, H.: Zur Stufeneinteilung des Paleocaens und des Eocaens. – Eclogae Geol. Helv., **53** (1), S. 453–479, Basel 1960.
- HOTTINGER, L., SCHAUB, H. & VONDERSCHMITT, L.: Zur Stratigraphie des Lutétien im Adour-Becken. – Eclogae Geol. Helv., **49** (2), S. 453–468, 5 Fig., 2 Tab., Basel 1956.
- KINDELAN, V.: Nota sobre el Cretaceo y el Eoceno de Guipúzcoa. – Bol. Inst. Geol. España, **40**, (1919), S. 165–198, 3 Textfig., 25 Taf., Madrid 1919.

- KOLLMANN, H. A.: Zur stratigraphischen Gliederung der Gosauschichten von Gams. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., **13** (1962), S. 189–212, 3 Tab., Wien 1963.
- Stratigraphie und Tektonik des Gosaubeckens von Gams (Steiermark, Österreich). – Jb. Geol. Bundesanst., **107**, S. 71–159, 5 Abb., 4 Taf., Wien 1964.
- LEONOV, G. P. & ALIMARINA, V. P.: Stratigraphy and planctonic foraminifera of cretaceous – paleogene “transition” beds of the central part of the north Caucasus. – Sbornik trudov geol. fak. Moskov. Univ., (k 21. sessii mezhdunarod. geol. kongr.), S. 29–60, 7 Taf., Moskau 1961 (russ. m. engl. Zusammenfassung).
- (Fragen der Stratigraphie unterpaleogener Ablagerungen des nordwestlichen Kaukasus). – 202 S., 18 Textfig., Moskauer Universitätsverlag, Moskau 1964 (russ.).
- LEROY, L. W.: Biostratigraphy of the Magfi section, Egypt. – Mem. Geol. Soc. Amer., **54**, S. 1–73, Taf. 1–14, 4 Textfig., 1 Tab., New York 1953.
- LOEBLICH, A. R., JR. & TAPPAN, H.: Planktonic Foraminifera of Paleocene and early Eocene age from the Gulf and Atlantic Coastal Plains. – Studies in Foraminifera. – U.S. Nat. Mus. Bull., **215**, S. 173–198, Textfig. 27–28, Taf. 40–64, Washington 1957 (1957 a).
- Correlation of the Gulf Coastal Plain Paleocene and Lower Eocene formations by means of planktonic Foraminifera. – J. Pal., **31**, S. 1109–1137, 5 Abb., Tulsa, Okl. 1957 (1957 b).
- Sarcodina chiefly „Thecamoebians“ and Foraminiferida. – In: MOORE, R. C.: Treatise on invertebrate Paleontology, Part C, Protista 2. – 900 S., 653 Textfig., Geol. Soc. Am. & Univ. Kansas Press 1964.
- LUTERBACHER, H. P. & PREMOLI SILVA, I.: Note préliminaire sur une révision du profil de Gubbio, Italie. – Riv. Ital. Paleont., **68** (2), S. 253–288, 3 Fig., 5 Taf., Mailand 1962.
- Biostratigraphia del limite Cretaceo-Terciario nell' Appennino Centrale. – Riv. Ital. Paleont., **70** (1), S. 67–128, 12 Fig., 6 Taf., Mailand 1964.
- MANGIN, J. PH.: Le Nummulitique Sud-Pyrénéen à l'ouest de l'Aragon. – Pirineos, Rev. Inst. Estud. Pirinaicos, **51–58**, Jg. 15–16, 631 S., 113 Textfig., 20 Taf., 1 Profiltaf., 1 Karte 1 : 200 000, Zaragoza 1959–1960.
- MENDIZABAL, J.: Deslinde del Eocene en la provincia de Guipúzcoa. – Bol. Inst. geol. min. España, **44**, S. 449–453, Madrid 1923.
- MISCH, P.: Der Bau der mittleren Südpyräen. – In: Beitr. Geol. Westl. Mediterrangebiete, Nr. 13. – Abh. Ges. Wiss. Gött., math.-phys. Kl., III. F., H. 12, 168 S., 51 Abb., 6 Taf., Berlin 1934.
- MOROZOVA, V. G.: (Stratigraphie der dan-montischen Schichten der Krim nach Foraminiferen). – Dokl. akad. nauk SSSR 1959, **124** (5), S. 1113–1116, 1 Tab., 1 Textfig., Moskau 1959 (russ.).
- Stratigraphical zonation of Danian-Montian deposits in the USSR and the Cretaceous-Paleogene boundary. – Intern. Geol. Congr., 21 Session, Rep. Sov. Geol., **5**, S. 83–100, 1 Tab., Moskau 1960 (russ. m. engl. Zusammenfassung).
- Datsko-Montskie planktonnye Foraminiferi Juga SSSR. – Akad. nauk SSSR, Paleont. jurnal, **2**, S. 8–19, 2 Taf., Moskau 1961.
- NAGAPPA, Y.: Foraminiferal biostratigraphy of the Cretaceous-Eocene succession in the India-Pakistan-Burma region. – Micropaleont., **5** (2), S. 145–192, 11 Fig., 9 Tab., 11 Taf., New York 1959.
- NEMKOV, G. I. & BARCHATOVA, N. N.: (Nummuliten, Assilinen und Operculinen der Krim). – Akad. nauk SSSR, Geol. muz. A. P. KARPINSKI, trudy **5**, 124 S., 4 Textfig., 11 Taf., Moskau 1961 (russ.).
- PHLEGER, F. B.: Foraminiferal ecology and marine geology. – Marine Geol., **1** (1), S. 16–43, 13 Fig., Amsterdam-London-New York 1964.
- RUIZ DE GAONA, M.: La Fauna principalmente numulítica de la serie terciaria guipuzcoana. – Estudios geológicos, **9**, S. 133–158, 1 Textfig., 2 Taf., Madrid 1948.
- SAID, R. & KIRDANY, M. T.: The geology and micropaleontology of the Farafra Oasis, Egypt. – Micropaleont., **7** (3), S. 317–336, 13 Textfig., 1 Tab., 2 Taf., New York 1961.
- SAID, R. & SABRY, H.: Planktonic foraminifera from the type locality of the Esna Shale in Egypt. – Micropaleont., **10** (3), S. 375–395, 2 Textfig., 2 Tab., 3 Taf., New York 1964.
- SCHAUB, H.: Stratigraphie und Paläontologie des Schlierenfylsches mit besonderer Berücksichtigung der paleocaenen und untereocaenen Nummuliten und Assilinen. – Schweiz. Pal. Ab., **68**, 222 S., 336 Abb., 1 Tab., 9 Taf., Basel 1951.

- Zur Nomenklatur und Stratigraphie der europäischen Assilinen. (Vorläufige Mitteilung.) – *Eclogae Geol. Helv.*, **48** (2), S. 409–413, 1 Tab., Basel 1955.
- Über einige Nummuliten und Assilinen der Monographie und der Sammlung d'Archiac. – *Eclogae Geol. Helv.*, **53** (1), S. 443–451, 1 Fig., 4 Taf., Basel 1960.
- Contribution à la stratigraphie du Nummulitique du Véronais et du Vicentin. – *Mem. Soc. Geol. Italiana*, **3**, S. 59–66, 1 Tab., Pavia 1962 (1962 a).
- Über einige stratigraphisch wichtige Nummuliten-Arten. – *Eclogae Geol. Helv.*, **55** (2), S. 527–551, 11 Fig., 8 Taf., Basel 1962 (1962 b).
- Über einige Entwicklungsreihen von *Nummulites* und *Assilina* und ihre stratigraphische Bedeutung. – In: KOENIGSWALD, G. H. R. v., EMEIS, J. D., BUNING, W. L. & WAGNER, C. W.: *Evolutionary trends in Foraminifera*, S. 282–297, 4 Textfig., Amsterdam/London/New York 1963.
- SCHAUB, H. & SCHWEIGHAUSER, J.: Nummuliten und Discocyclinen aus dem tiefsten Untereocaen von Gan. – *Eclogae Geol. Helv.*, **43** (2), S. 236–242, 7 Fig., Basel 1951.
- SCHWAGER, C.: Die Foraminiferen aus den Eocaenablagerungen der libyschen Wüste und Aegyptens. – *Palaeontographica*, **30**, S. 81–153, Taf. 24–29, Kassel 1883.
- SEILACHER, A.: Zur ökologischen Charakteristik von Flysch und Molasse. – *Eclogae Geol. Helv.*, **51** (3), S. 1062–1078, 1 Fig., 3 Tab., Basel 1959.
- Paleontological Studies on Turbidity Sedimentation and Erosion. – *Journal of Geology*, **70** (2), S. 227–234, 2 Taf., 1 Textfig., 1 Tab., Chicago 1962.
- TRAUB, F.: Geologische und paläontologische Bearbeitung der Kreide und des Tertiärs im östlichen Rupertiwinkel, nördlich von Salzburg. – *Palaeontographica*, **88**, A, S. 1–114, 8 Taf., Stuttgart 1938.
- Die Schuppenzone im Helvetikum von St. Pankraz am Haunsberg, nördlich von Salzburg. – *Geol. Bav.*, **15**, 38 S., 4 Abb., München 1953.
- WALTON, W. R.: Recent foraminiferal ecology and paleoecology. – In: IMBRIE, J. & NORWELL, N.: *Approaches to Paleocology*. – S. 151–237, 31 Fig., New York/London/Sydney 1964.
- WICHER, C. A.: Die Gosau-Schichten im Becken von Gams (Österreich) und die Foraminiferengliederung der höheren Oberkreide in der Tethys (mit einem Beitrag von F. Bettenstaedt). – *Pal. Z.*, **30**, Sonderh., S. 87–136, Taf. 12'–13', 7 Textabb., Stuttgart 1956.