

P R O B L E M E   D E R   P A L Ä O G E O G R A -  
 P H I E, S E D I M E N T O L O G I E   U N D  
 S T R A T I G R A P H I E   D E S   J U R A  
 I N   F R A N K E N

von Oskar KUHN, München

Mit 32 Abbildungen

V o r w o r t

In den letzten 30 Jahren hat die Jura-Forschung in Franken unerwartete Fortschritte erzielt, teils durch die zahlreichen Publikationen der 1950 von Prof. Dr. B. v. FREYBERG begründeten Erlanger Geologischen Schule, teils durch die Kartierung fast des ganzen Juragebiets im Maßstab 1:25000. Zudem hat H. HÖLDER (1964) ein klassisches Standardwerk über den Jura der Welt publiziert, das in vielen Detailfragen weitere Auskunft geben kann, in mancher Hinsicht aber durch die vorliegende Publikation ergänzt wurde.

Verf., der schon als junger Gymnasiast sich mit Geologie des Bamberger Umlands zu beschäftigen begann, hat, abgesehen von der Paläoherpetologie, immer wieder auf den Jura zurückgegriffen und zahlreiche Publikationen diesem Gegenstand gewidmet. In v. FREYBERGS Bibliographie über das nordostbayerische geologische Schrifttum sind vom Verfasser allein über 100 meist einschlägige, den Jura betreffende Arbeiten, aufgeführt.

So schien es ratsam, über den heutigen Wissensstand einen Überblick zu geben, allerdings nicht nur für Fachleute, sondern darüber hinaus vor allem für die Leser dieser Berichte und alle Freunde der Geologie. Es mussten daher, um den Stoff verständlicher zu ma-

chen, einige erläuternde Kapitel über Grundfragen der Geologie eingeschoben werden und eine reiche Illustration war nicht zu umgehen.

Soweit die Vorlagen für den Satzspiegel dieser Berichte zu groß waren, mussten sie, da eine Verkleinerung nicht mehr möglich war, an den Rändern etwas zugeschnitten werden, wobei das fränkische Gebiet betreffende Erkenntnisse nicht verloren gingen.

## I n h a l t s ü b e r s i c h t

1. Historisches zur Juraforschung in Franken
2. Lithostratigraphie und Biostratigraphie
3. Die Liastransgression in Franken
4. Paläogeographie des fränkischen Jura
5. Die Entstehung der Leitfossilien
6. Sedimentation, Sedimentationszyklen und die Herkunft der Sedimente
7. Korallen- und Schwammriffe
8. Absolute Bildungsdauer des Jura
9. Die Biostratigraphie des Jura in Franken
10. Literatur

# 1. H i s t o r i s c h e s   z u r   J u r a - f o r s c h u n g   i n   F r a n k e n

Der erst im Jahre 1795 von A. v. HUMBOLDT als selbstständige Formation erkannte Jura ist in Franken wohl entwickelt, wenn auch nicht so fossilreich wie in Schwaben, wo F. A. V. QUENSTEDT seine klassischen Untersuchungen durchführte, die in seinem Jura erschienen (1857), von 100 Tafeln begleitet, ihren Niederschlag fanden. Dafür hat Franken einen wesentlich reicher entwickelten, noch in Malm-Ober zeta reichenden Oberen Jura, der das reichste paläontologische Archiv der Welt, die vor allem durch Urvogelfunde weltweit berühmt gewordenen *S o l n h o f e n e r   S c h i e f e r* enthält.

Es kann hier im einzelnen nicht auf alle Autoren eingegangen werden, die sich mit dem Jura in Franken beschäftigt haben. Einer der ersten, der Fossilien aus dem Solnhofener Schiefer beschrieb, ist BESLER, der 1616 die *E i c h s t ä t t e r   S p i n n e n s t e i n e* beschrieb; er deutete die vielen kleinen ungestielten See-lilien der Gattung *S a c c o c o m a* als Spinnen und bildete zugleich einen kleinen Fisch (*L e p t o l e p i s*) ab. Als nächster sei der hochverdiente J. J. BAIER genannt, der 1708 aus dem Lias epsilon von Altdorf die ersten Ichthyosaurierreste beschrieb, und zwar Wirbel, die er wegen ihrer Form zu den Fischen stellte. 1784 beschrieb COLLINI den ersten Flugsaurier aus dem SOLNHOFENER Schiefer. Nach der Jahrhundertwende, als CUVIER (1769-1832) die Wirbeltierpaläontologie begründete und aus dem phantastischen Stadium ("Einhorn", usw.) in das wissenschaftliche, mit den Gesetzen der vergleichenden Anatomie arbeitende Stadium überführte, begann die systematische Erforschung der SOLNHOFENER Schichten bzw. deren Fossilinhalte. Hier sind vor allem die Namen SÖMMERING, GOLDFUSS, GRAF MÜNSTER, H. v MEYER,

A. WAGNER, OPPEL, ZITTEL und noch viele andere zu nennen (vgl. KUHN 1961, in Geolog. Bavar.). Die Erforschung der übrigen Juraschichten ging langsamer vor sich. An erster Stelle ist REINECKE (1770-1818) zu nennen, der eine klassische Schrift über die Ammoniten der Gegend von Coburg, vor allem über Funde der Staffelseiner Gegend veröffentlichte. Er hat als einer der ersten für die Ammoniten die binäre Nomenklatur benutzt und erkannt, daß diese von ihm beschriebenen Ammoniten, 39 an der Zahl, ausgestorbene Arten sind. So wurde er zu einem Vorläufer des Evolutionismus und ist von bekannten Paläontologen wie POMPECKJ und SCHINDELWOLF als solcher gewürdigt worden. Ein Neudruck seiner Arbeit erschien 1972 (Erlanger Geol. Abh., 90).

Damals lag immer noch der Nachdruck auf der Tierwelt des Solnhofener Schiefers, aus denen GRAF MÜNSTER im Jahre 1840 schon 419 verschiedene Arten angab, darunter allerdings viele Synonyme.

Ein Klassiker der Geologie ist C.v. THEODORI, der als Sekretär des HERZOGS WILHELM in Bayern auf Schloß Banz bzw. in Bamberg wohnte und kurz vor 1830 mit seinen Untersuchungen der dortigen Juraschichten, vor allem des Lias, begann. Schon 1830 beschrieb er den ersten Flugsaurier aus dem Lias. Er brachte in Banz eine aus der Umgebung stammende Sammlung von Versteinerungen zusammen, die damals eine der besten auf der ganzen Welt war. Doch konnte mit ihr auch die Sammlung des Grafen MÜNSTER, der in Bayreuth vor allem die Muschelkalksaurier aufsammlte, konkurrieren. Weltbekannt wurde damals der riesige, rund 2 m lange Schädel des *Ichthyosaurus trigonodon*, den THEODORI unterhalb Schloß Banz am Mainufer bei Unnersdorf ausgraben ließ. Von größter Bedeutung ist das Profil durch den dortigen Lias, das an Exaktheit kaum etwas zu wünschen

übrig läßt und die einzelnen Fossilien genau in dem betreffenden Horizonte angibt. GÜMBEL hat diese riesige Tabelle in seinem Frankenjura abgedruckt.

Einen ersten zusammenfassenden Überblick über den Jura in Franken gab 1861 TH. SCHRÜFER (in diesen Berichten, Band 5). Er war Schüler des bekannten Münchener Paläontologen ALBERT OPPEL, dem Schöpfer des Zonenbegriffes. Damals lag schon QUENSTEDTS Jura vor, erschienen 1857, sowie OPPELS großes, über Deutschland hinausgreifendes Jurawerk, erschienen 1856-58. Leider hat SCHRÜFER nach seiner Dissertation nur noch eine kleine Arbeit über den Jura von WÜRGAU geschrieben, aber dann nichts mehr über den Jura publiziert, obwohl bei BAMBERG noch außergewöhnlich viel zu holen gewesen wäre.

Schon 2 Jahre nach SCHRÜFERS Dissertation über den Jura in Franken erschien die umfassende Darstellung von W. WAAGEN (1863) über den Jura in Franken, Schwaben und der Schweiz. Später hat er noch speziell die *S o w e r b y i*-Schichten in Franken untersucht (1867). Damals hatte C.W. VON GÜMBEL, einer der bedeutendsten Geologen aller Zeiten, mit der systematischen Durchforschung des Jura in Franken begonnen, bekannt wurde zunächst seine Schrift über die Streitberger Schichten. 1886 erschien GÜMBELS geologische Karte Blatt Bamberg 1:100000; die Karten 1:25000 von Bamberg N und S erschienen erst 1970, letztere von M.LANG bearbeitet, damals aber schon in 2. Auflage.

Nachdem GÜMBEL (1891) sein großes abschliessendes Werk Frankenjura publiziert hatte, schien die Forschung auf diesem Sektor zunächst abgeschlossen zu sein und erst langsam setzten neue Forschungen ein; bis zum Jahre 1914 sind vor allem die Arbeiten von J. WALTHER, ROTHPLETZ, SCHNEID, sowie die von REUTER, GREIF und MODEL über das fränkische Callovium zu nennen.

Nach 1918 begann die Forschung im Jura Frankens langsam wieder, vor allem haben in Erlangen KRUMBECK, DORN und SCHMIDTILL wichtige Fortschritte erzielt. Von P. DORN gebe ich ein Profil des fränkischen Jura (Abb. 30), das zwar in vielem überholt, den damaligen Kenntnisstand darlegt und zeigt, wie weit die Forschung in den seitdem verstrichenen 50 Jahren vorangekommen ist. Auch im Münchener Institut von F. BROILLI wurden verschiedene Juraarbeiten ausgeführt, ich nenne nur J. SCHRÖDER, WEGELE, KUHN, PRIESER. Auf die Arbeiten zur Solnhofener Tierwelt sei hier nicht eingegangen.

Nach 1945 wurde die Forschung wieder langsam aufgenommen. Es erschienen zahlreiche geologische Karten 1:25000, womit heute fast das ganze Gebiet des Jura in Franken kartiert ist. Von MÜNCHEN aus widmete sich vor allem BARTHEL der Erforschung des fränkischen Tithon, in ERLANGEN hat die Schule v. FREYBERGS ungeheuere Fortschritte erzielt, die noch im Gange sind. Allein zwei Zeitschriften-Neugründungen (Erlanger Geolog. Abh.; Geol. Blätter f. NO.-Bayern) ermöglichen die Publikation der vielen Neuerkenntnisse.

Natürlich erhebt meine kurze Darstellung keinen Anspruch auf Vollständigkeit, die gesamte Literatur kann man bei v. FREYBERG (1974) nachlesen, sowie in den später erschienenen Jahrgängen der Geol. Blätter f. NO.-Bayern.

## 2. Lithostratigraphie und Biostratigraphie

Es hat lange gedauert, bis die Sündflutlehre überwunden wurde und an Stelle des ein für alle mal fest Erschaffenen der Gedanke des allmählichen Werdens treten konnte. Als Pionier ist N. STENO (1687) zu nennen, der die Grundregeln der Lagerung und Altersfolge der Gesteine induktiv erkannte. Er schuf damit die Stratigraphie (Name von W. SMITH, 1817, stammend), der die Aufgabe zukommt, die Gesteine (von denen die im Profil am tiefsten liegenden auch die zuerst gebildeten sind; je höher sie liegen um so jünger sind sie) nach ihrer zeitlichen Bildungsfolge zu ordnen und eine Zeitskala aufzustellen zur Datierung bzw. Einreihung der geologischen Vorgänge und Ereignisse.

Die älteste Form der Stratigraphie ist die Lithostratigraphie, in Mitteldeutschland entwickelt. Hier haben bedeutende Forscher schon früh auf Grund des verschiedenen Gesteinscharakter große natürliche Einheiten ausgeschieden, die hier kurz zu nennen sind:

1756	Rotliegendes und Zechstein (Perm),	LEHMANN
1761	Muschelkalk und Buntsandstein (Sandgebürge),	FÜCHSEL
1795	Jura,	A. v. HUMBOLDT
1822	Keuper,	L. v. BUCH
1834	Trias,	v. ALBERTI

Nur die beiden ersten Formationen wurden in Mitteldeutschland erkannt, die 3 anderen in Süddeutschland.

Auch heute kommt der Lithostratigraphie noch große Bedeutung zu. Gerade K. BEURLLEN hat wiederholt betont, daß wir doch gerade auch im Jura, zunächst einmal Litho-

stratigraphie betreiben, also nach bestimmten Fazies k a r t i e r e n. Erst sekundär treten im allgemeinen die Leitfossilien hinzu. Stellen wir uns nur einmal vor, wir müßten in Franken etwa den Lias alpha, beta, gamma und andere Stufen nach Leitfossilien kartieren, dann wären wir bald am Ende, denn diese sind meist sehr selten oder gar nicht vorhanden. So kartiert man nach L e i t g e s t e i n e n und ist froh, wenn die lithostratigraphischen Befunde durch Fossilfunde erhärtet werden. In vielen Fällen ist sogar die Lithostratigraphie exakter und verlässiger als die Biostratigraphie (vergl. Abb. 28).

Eine besondere Form der Lithostratigraphie ist durch B.v. FREYBERG eingeführte S t r o m a t o m e t r i e, eine feinstratigraphische Methode, die sich auf Bank - für Bank - Vergleichung stützt (Abb. 28).

DACQUÉ und BEURLEN haben wiederholt auf die sogenannten L e i t g e s t e i n e hingewiesen, auf ihren erdgeschichtlich einmaligen Charakter, typisch wie die Leitfossilien. Als ich einmal im Harzvorland Angulatensandstein vorfand, war ich überrascht, wie sehr dieser in jeder Hinsicht dem der Bamberger Umgebung glich. Bedingt ist der Charakter der Gesteine weitgehend durch die Entwicklung der Lebewelt, deren R e s t e, L e i c h e n und F ä k a l i e n wesentlich zum Gesteinscharakter beitragen. Man denke nur an gewisse Ölschiefer!

Wer nur einigermaßen mit Geländearbeiten vertraut ist, weiß, daß weder die G e s t e i n s g r e n z e n im Jura ( und anderen Formationen), noch die Z o n e n g r e n z e n (Leitfossilien!) an parallel verlaufenden Linien enden, sondern w e l l e n f ö r m i g verlaufen. Im ersten Falle ist das ganz klar, denn die Fazies wandert, sie hängt von Transgressionen, Meeresströmungen, usw. ab. Bei den Leitfossilien weiß man schon lange, wie sehr sie aus der Reihe tanzen können und es ist eine große Zahl zonenbrechender Leitfossilien bekannt geworden.

Gerade E. SCHMIDTILL, der hervorragende Erforscher des fränkischen Dogger, hat wiederholt Klage darüber geführt, wie wenig sich die Leitfossilien an die ihnen vorgeschriebenen Grenzen halten!

Doch kehren wir zum Jura zurück, den A. v. HUMBOLD (1795 bzw. 1823) als erster auf Grund der Gesteinsbildung den langen Gebirgszug als *s e l b s t s t ä n d i g e F o r m a t i o n* erkannte, der sich von Lichtenfels nach S durch die Frankenalb bis Regensburg, dann nach W schwenkend über das Ries und den schwäbischen Jura bis in die Schweiz verfolgen läßt. Ein großer Wurf gelang L. v. BUCH (1837 bzw. 1839), der den Jura in einen Oberen Jura, Mittleren Jura und Unteren Jura aufteilte. Dieser Dreigliederung entsprechen etwa die englischen Bezeichnungen Malm, Dogger und Lias sowie die QUENSTEDT'SCHEN Namen Weißjura, Braunjura, Schwarzjura. QUENSTEDT (1843) hat jede der drei von BUCH erkannten Einheiten in 6 *U n t e r s t u f e n* zerlegt und sie jeweils mit den *e r s t e n 6 B u c h s t a b e n* des griechischen Alphabets belegt, also mit alpha, beta, gamma, delta, epsilon und zeta. Ein Hinzufügen weiterer Buchstaben (etwa beim Malm, wegen dessen ungewöhnlicher Mächtigkeit, wie eta, theta), wie von verschiedenen Seiten (E. WEBER) vorgeschlagen wurde, erübrigt sich, da man ja an die griechischen Buchstaben der QUENSTEDT'SCHEN 18 Einheiten, die freilich *s e h r u n g l e i c h g r o s s* sind (man denke nur an Lias alpha mit oft nicht einmal 10 m, und Malm zeta mit einigen hundert m), noch Zahlen und Buchstaben anhängen kann, z.B. Lias alpha 1 a.

Bedeutet Lias alpha die Verbreitung ("Stufen") von *P s i l o c e r a s* (unten), *S c h l o t h e i m i a* (Mitte), und *A r i e t i t e s s. l.* (Oben) so bedeutet Lias alpha 1 die *P s i l o c e r a s*-Stufe, Lias alpha 1 a die Zone des *P s i l o c e r a s p l a n o r b i s*, Lias alpha 1 b die Zone des *P s i l o c e r a s j o h n-*

s t o n i, usw. (Abb. 3 a). Diese Zonen kann man noch weiter in Unterzonen gliedern. Wir erkennen also, wie tragbar die Methode ist, die v.BUCH und nach ihm QUENSTEDT (1843) angewandt haben. Noch heute wird allgemein in Franken und Schwaben diese Gliederung gebraucht, fast nach 135 Jahren.

Betrachten wir kurz die großen Glieder des fränkischen Jura,

1. M a l m, 450 und mehr m mächtig, 27 Z o n e n, vorwiegend Kalke, wenig Ton (besonders in den Mergelkalcken und Fäulen); kein Sandstein.
2. D o g g e r, 180 m, 24 Z o n e n, vorwiegend Tone (Opalinuston, Discites-Ton, Callovium), Sandsteine bis 100 m (vor allem im Doggersandstein und Dogger gamma).
3. L i a s, 75 m, 21 Z o n e n, vorwiegend Tone, viel weniger Sande (meist nur in Lias alpha), etwas mehr Kalke, vor allem in gamma und epsilon (Stinkkalke!)

Das Verhältnis Sand zu Ton zu Kalk ist im Frankenjura ganz grob mit  $1/8$  zu  $2/8$  zu  $5/8$  anzugeben. Die Zahl der Zonen steht in keiner festen Relation zur Mächtigkeit dieser Zonen. Im 30 und mehr m mächtigen Lias delta sind nur 2 Zonen vorhanden, im bis 8 m mächtigen Lias zeta wurden bis zu 7 Zonen unterschieden (vergl. die Gliederung von W. ERNST, die annehmen läßt, daß die Leitformen aus NW-Deutschland nach Franken zugewandert sind, hier aber wegen der geringen Sedimentation nur wenig zur Ausbildung gelangten).

Während sich QUENSTEDT als induktiv forschender Geologe sich ganz auf das "Ländle" (Württemberg) beschränkte, versuchte schon sein Schüler OPPEL und später WAAGEN eine Parallelisierung mit den angrenzenden Juravorkommen, auch denen in Frankreich und England.

In Frankreich hatte d' ORBIGNY sog. Etagen unterschieden, er benannte sie nach Fundorten, wo diese klassisch aus-

gebildet sind (vgl. Abb. 18). Doch kann hier nicht näher auf diese Fragen eingegangen werden, man lese bei HÖLDER (1964) nach. OPPEL hat in seinem großen Werk über den mitteleuropäischen Jura incl. England und Alpen 30 b z w. 33 Z o n e n unterschieden (dieser Name findet sich erstmals bei D'ORBIGNY 1849); er diskutierte diesen Begriff sehr eingehend und unterschied schon Faunen- und Biozonen, also Zonen, die durch eine einzige Art gekennzeichnet sind oder durch mehrere Arten (Biozonen). Den Namen gab jeweils die bezeichnendste Form.

Während im marinen Jura die Biostratigraphie fast ausschließlich die A m m o n i t e n heranzieht, werden in anderen Formationen Trilobiten, Graptolithen und andere Tiere verwendet. In Kontinentalen Ablagerungen benützt man als Leitfossilien Wirbeltiere oder P f l a n z e n, S c h n e c k e n usw.

Jede Zone ist praktisch eine Faunenzone, denn in keiner Zone kommt das Leitfossil allein vor. Aber man benennt die Zone nach diesem. Über den Zonenbegriff haben sich in den letzten Jahrzehnten vor allem SALFELD, WEDEKIND, SCHINDEWOLF, u.a., bemüht.

Wie gesagt, gründet man die Biostratigraphie des marinen Jura nur auf Ammoniten, wenigstens in Süddeutschland. Abb. 18 zeigt den Stammbaum aller Familien der Ammoniten im Jura, wobei auffällt, daß die Familien von einander abgesetzt sind. Beim Übergang von einer Familie in die andere trat immer ein Sprung auf. Innerhalb der Familien verläuft die Entwicklung auch nicht ganz kontinuierlich, nur bei wenigen Gattungen können wir eine mehr oder weniger kontinuierliche Entwicklung verfolgen, es liegt also das S t a d i u m 2 (die T y p o s t a s e) von SCHINDEWOLFS Evolutionszyklus vor.

Am Ende der Trias sind die Ammoniten fast völlig ausgestorben, nur die Phylloceraten und Lythoceraten (Abb. 18)

bleiben übrig und aus ihnen gingen alle übrigen Juraammoniten hervor. Diese beiden Ausgangsgruppen, die in der Tethys zuhause sind, nannte SALFELD "Konservativstämme". Sie sind auch mehrfach in die Randmeere der Tethys vorgestoßen.

In den letzten Jahrzehnten haben verschiedene Forscher Ammonitengattungen des deutschen Jura eingehend analysiert und auf ihre biostratigraphische Brauchbarkeit untersucht. So verdanken wir BRINKMANN eine Darstellung der Gattung *K o s m o c e r a s* (Abb. 19). FREBOLD und FRENTZEN untersuchten *A m a l t h e u s*, ZIEGLER die Gattungen *G l o c h i c e r a s* und *A u l a c o s t e p h a n u s* (Abb. 16, 19b). Leider erlöschen diese Gattungen schon relativ rasch wieder; *A m a l t h e u s* findet sich fast nur in Lias delta, *K o s m o c e r a s* im Callovium, *A u l a c o s t e p h a n u s* im Malm delta. Man muß dann nach einer *n e u e n G a t t u n g* suchen, die das biostratigraphische Schema weiterführt (kombiniert-kontinuierliche Zonenfolge).

Zuweilen sind aus der Tethys neue Gattungen in den süddeutschen Meeresraum eingedrungen und treten hier als *E i n w a n d e r e r* auf. Solche sporadisch, unvermittelt auftretende Fremdlinge hat schon M. NEUMAYER erkannt (im deutschen Jura nicht weniger als 28 solcher sporadischen Formen). Diese konnten sich leicht im süddeutschen Jurabecken ausbreiten, das noch nicht einmal die Größe der heutigen Nordsee hatte und kennzeichnen hier dann oft einen für die Stratigraphie sehr bedeutsamen Horizont.

In der Biologie ist es schon lange üblich, ein logisch aufgebautes System zu benutzen, das alle Systemkategorien bzw. Taxa aufnimmt. So sind allgemein bekannt die Unterarten, Art, Unterfamilie, Familie, Oberfamilie, Unterordnung, Ordnung, Oberordnung, Unterklasse, Klasse, Stamm, Reich, wobei noch nicht einmal alle aufgezählt sind. Für die Stratigraphie ist das bisher nicht gelungen, auch kaum möglich.

Zwar sprach QUENSTEDT schon von Leitbänken, Lagern, Bett (LEPTAENA - Bett im Lias delta) usw.; OPPEL arbeitete sehr viel mit dem Begriff Zone, den Begriff Etage führte er für höhere Einheiten ein (z.B. seine tithonische Etage). Auch von Stufen und Unterstufen ist die Rede. Doch versuchen wir einmal diese Begriffe zu ordnen, dann erhalten wir folgendes Bild:

1. A e r a (E r d z e i t a l t e r), z.B. Erdmittelalter (Mesozoikum)
2. F o r m a t i o n, z.B. Jura
3. S t u f e, z.B. Mittl. Jura (aber auch als S c h l o t h e i m i a-Stufe bekannt)
4. E t a g e, z.B. Tithon
5. U n t e r s t u f e, z.B. Malm gamma
6. I n f r a s t u f e, z.B. Malm gamma 1
7. Z o n e, z.B. P l a t y n o t a -Zone (Malm gamma 1)
8. S u b z o n e, z.B. S t e n o r h y n c h a -Subzone (Lias alpha 2 b)

Eine weitere Beschäftigung mit diesem Thema wird sich nicht umgehen lassen. Da schon in diesem Schema einige Widersprüche enthalten sind. So entspricht die Etage Tithon auch einer Unterstufe (z.B. Malm zeta).

Das wird nicht leicht sein, denn die Formationen sind sehr verschieden, wer möchte stratigraphische Kategorien des süddeutschen Jura auf den Buntsandstein oder Keuper übertragen, die sehr fossilarm sind und vielfach fingerförmiges ineinandergreifen verschiedener Fazies stattfindet, dazu rascher Mächtigkeitswechsel usw. Abb. 29 ( nach BARTHEL) zeigt die Schwierigkeiten, Juraschichten miteinander zu parallelisieren, vor allem, wenn die Fazies sehr verschieden ist und

die Fossilien in den Faziesräumen verschiedenen Arten und Gattungen zugehören. Aber trotzdem gelingt es immer wieder mit der Biostratigraphie, auch solche Schwierigkeiten zu überwinden und es ist POMPECKJ zuzustimmen, daß die Folge der Ammonitengattungen in den Meeren der Jurazeit im wesentlichen, ja in weit voneinander entfernten Gebieten oft frappant übereinstimmt. Was die Ursache ist, rasche Wanderungen der Leitfossilien von einem Meeresbezirk in einen anderen, weltweite orthogenetische Umbildung oder sozusagen aus innerem Zwang heraus oder was sonst, das bleibt einstweilen eine offene Frage. Ich nehme an, daß die Evolution in großen Zügen einem inneren Bildungsgesetz folgte, wie vor allem schon DACQUÈ vertreten hatte.

Die Biostratigraphie des marinen Jura stützt sich in Franken ausschließlich auf Tiere, nur ausnahmsweise auf Pflanzen die auch außer im Rätolias, Lias epsilon und im Solnhofener Schiefer kaum eine Rolle spielen. Im Rätolias kommen in Franken zwei sehr verschiedene Floren vor, eine tiefere, rhätische, die *Lepidopteris ottonis* Flora, die man nur von Coburg kennt, und eine jüngere, aus Lias alpha 1, besonders aus der Gegend von Bamberg (Sassendorf, Strullendorf), Bayreuth und Nürnberg bekannt. Es liegen aus den letzten Jahren einige sehr wichtige Publikationen vor, vor allem die von KRÄUSEL über die Flora von Sassendorf (Blatt Bamberg N) und die über die Flora von Bayreuth (R. WEBER 1968, Erlang. Geol. Abh., 72).

Sehr eigenartig ist, daß bisher an keinem Platz in Franken beide Floren übereinander aufgefunden wurden.

### 3. Die Liastransgression in Franken

Die Frage, woher das fränkische Liasmeer kam ist durch H. JÜNGST 1) (1927) endgültig gelöst. Es drang mit Beginn des Lias alpha 1 durch die Hessische Straße über Coburg, wo W. LANGE 2 Zonen der *Psiloceras*-Stufe nachweisen konnte, nach S gegen Bamberg vor und erreichte in dieser Zeit noch Höfen (S Bamberg) als südlichsten Punkt. Hier konnte Verf. in der Rätoliasfazies (Bausandstein) ein *Psiloceras* nachweisen, das in die Rätfazies ähnlich wie das *Psiloceras* bei Sassendorf in den See der Pflanzenschiefer bei einer Sturmflut eingespült worden ist. Zwischen Coburg und Höfen im Aurachtal bei Bamberg fand man in den letzten 40 Jahren zahlreiche Vertreter von *Psiloceras* oder *Neophyllites*. *Psiloceras* fand man bei Lossbergsgereuth in den Haßbergen, am Kreuzberg bei Bamberg, am Krappenberg bei Lichtenfels (hier auch SCHLOTHEIMIA und *Proarrietites*?). Neuerdings gab A. ZEISS (1976) weitere Funde von *Psiloceras* von Coburg, Blatt Sonnefeld und Blatt Ebensfeld bekannt. Von OBERBRUNN (Blatt Ebensfeld) kennt man *Neophyllites*, desgleichen vom Großen Gleichberg. *Schlothemia* ist nun auch am Großen Haßberg nachgewiesen, wo schon KRUMBECK marine Muscheln, darunter "*Avicula*" *contorta* im Rät sammelte (jetzt sind im ganzen von dort etwa 15 Muschelarten bekannt), ferner eine Gastropode.

Dem Liasvorstoß aus der Mitteldeutschen (Hessischen) Straße gingen schon kleinere marine Einbrüche zur Zeit des Rät und Feuerletten voraus. In Mittelfranken wurden im Feuerletten Ophiuroideen-Reste und Foraminiferen nachgewiesen, was wohl auf marine Ingression

deutet. Doch ist zu bedenken, daß z.B. W. DEECKE mehrfach in seinen geistvollen Arbeiten darauf hinwies, daß viele Tiergruppen im Laufe der Erdgeschichte das Milieu wechselten. So gibt es heute noch einen im Süßwasser lebenden Hai und noch viele andere schlagende Beispiele für Milieuwechsel ließen sich anbieten.

Zwischen dem südlichsten P s i l o c e r a s - Vorkommen bei H ö f e n n a h e B a m b e r g und dem nächsten marinen Lias alpha 1-Vorkommen liegen viele km. Nächste marine Vorkommen in der südl. Frankenalb liegen erst im HESSELBERG-Gebiet, damals eine Senke zwischen Weissenburger- und Riesschwelle.

A n m. 1. JÜNGST (1927); vgl. unsere Abb. 3 a) hat die H e s s i s c h e S t r a s s e genau untersucht, er nimmt für die Umgebung von Coburg den Nachweis des P l a n o r b i s - Zone, J o h n s t o n i - Zone und P r o a r i e t e n - Zone an.

Durch die Untersuchungen von VIOHL (1969) ist die Transgression des Lias alpha - Meeres am Nordrand der Vindelizischen Schwelle besonders gut bekannt geworden. Hier springt die mächtige Weissenburger Schwelle vor, sie ist um 40 km breit und verschmälert sich gegen N, wo sie bis Spalt reicht (Abb. 4, 5) Westlich der Altmühl bzw. von Gunzenhausen liegt die Hesselbergensenke, im Lias alpha 2 und 3 schon überflutet. An die Hesselbergensenke schließt sich im W die Riesenschwelle an, die P.DORN bearbeitet hat. Marinen Lias alpha 1 findet man auch W der Riesschwelle bei Ellwangen. Im Lias alpha 3 war die Weissenburger Schwelle immer noch Hochgebiet, erst ab Gunzenhausen, Freystadt und Allersberg findet sich Arientensandstein.

M. SCHLOSSER (1901, S. 518) gab von Amberg den Fund von P s i l o c e r a s j o h n s t o n i an, doch ist das unwahrscheinlich! SCHLOSSER nahm auch an, daß sich erst im Lias alpha 3 das fränkische von N vorstossende Meer und das schwäbische im Hesselberggebiet vereinigten, wo sich

beide Fazies stark angleichen; doch ist die württembergische Fazies ein dunkler Kalk, wie man ihn gelegentlich auch bei Bamberg findet.

Die R e g e n s b u r g e r B u c h t, der Beginn der im Oberen Dogger nach POLEN durchbrechenden R e g e n s b u r g e r S t r a s s e (Abb. 12) wurde schon im Lias alpha 3 angelegt, hier findet sich Arietensandstein. Nördlich davon wies H. TILLMANN (Mündliche Mitteilung) schon 1932 bei Bubach unweit Schwandorf in einer 10 m mächtigen an Angulatensandstein erinnernden Fazies A r i e t i t e s b u c k l a n d i nach, bisher das östlichste Vorkommen in Franken. Hier wären Untersuchungen nötig, wieweit der genannte Schichtenstoß wirklich Lias alpha 3 darstellt; nach unten geht er in grobkörnige Rätolissandstein über. Neuerdings fand Dr. TILLMANN bei Bubach auch in dem genannten alpha - Sandsteinkomplex Muscheln und B e l e m n i t e n in feinkörniger Fazies. Über alpha 3 liegt grobsandiger Lias beta und gamma.

Noch ein Wort zur O o l i t h e n b a n k! Es gibt keine einheitliche, in Zusammenhang stehende Basalbank des von N vorstossenden Liasmeeres in Franken, das nach S zunehmend jüngeres Alter hätte. Vermutlich ist das aus einer Lücke des Vindelizischen Festlands im Bodenseegebiet vordringende Liasmeer früher nach Regensburg vorgestoßen als das von N kommende. Dieses Meer breitete sich rasch fächerförmig aus und erreichte bald die Gegend von Stuttgart. Bei Zabern sind 200 m Lias nachgewiesen (Bohrung!), der mit der P s i l o n o t e n b a n k beginnt.

Sicher stammen die P s i l o c e r a t e n Süddeutschlands aus der Tethys und sind teils direkt aus der Tethyslücke in der Nähe des Bodensees zugewandert, teilweise erreichten sie wohl auf einem Umweg um die Ardenneninsel und durch das nordwestdeutsche Becken die Hessische Straße und wanderten in Franken ein. N e o p h y l l i t e s ist eine P s i l o c e r a s sehr nahestehende Form mit re-

duzierter Suture (Lobenlinie). Über das gemeinsame Vorkommen von Neophyllites, Arietites und Schlothemia in der oberen Schlothemia angulata-Zone bei Bamberg komme ich noch zurück.

## 4. Paläogeographie

Da sich diese Studie nicht nur an Fachleute wendet, sondern darüber hinaus auch Nichtgeologen verständlich sein soll, muß hier dem Kapitel Paläogeographie eine kurze Einleitung vorangestellt werden. Meist sind Laien der Ansicht, daß im Falle des Vorkommens fossiler Meerestiere wie Seeigel, Haifisch-Zähne, Muscheln, Schnecken, Ammoniten usw. in hohen Gebirgen das Wasser des Weltmeeres damals bis in die betreffende Höhe gereicht habe und wieder abgeflossen sei; es müßte also unter Umständen, so wie es die Sündflutsage erfordert, der Meeresspiegel um 6, 8 und mehr km angestiegen sein. Abgesehen davon, daß das ganz unmöglich ist, da die Wassermassen der Erde in den letzten 500 Mio. Jahren nach allgemeiner Ansicht ziemlich konstant gewesen sind (allerdings würde bei Abschmelzen der Polkappen das Meer über 100 m ansteigen und die ganze norddeutsche Tiefebene überschwemmen), muß man annehmen, daß hohe Gebirge mit marinen Fossilvorkommen zur Bildungszeit oft einige km unter dem Meeresspiegel lagen. Heute nimmt das Meer fast 70 % der Erdoberfläche ein; die Landmassen, die früher eine zusammenhängende, erst später auseinanderdriftende Einheit waren, nehmen nur 29,3 % ein.

Die Erde hat einen Radius von rund 6370 km (Erdradius polar 6357 km, Erdradius äquatorial 6378 km).

Die Erdkruste ist gegen 45 km dick, sie bildet nur eine dünne Haut über dem glühend flüssigen, aus Magma bestehenden Erdinneren. Man hat oft den Vergleich mit der Apfelschale herangezogen, die sich runzelt und die Gebirge der Erde angeblich im kleinen nachbildet (diese Vorstellung stimmt aber nicht, da die Gebirge nicht gleichmäßig über die Erde verteilt sind). Das Sal (Sial) bildet den äusseren, leichteren Teil der Erdkruste, vorwiegend aus Silizium (Si) und Aluminium (Al) bestehend. Darunter liegt das mächtigere und schwerere

S i m a ( Silizium und Magnesium).

Von entscheidender Bedeutung ist hier die G e o t h e r m i s c h e T i e f e n s t u f e, ein Richtwert für die Zunahme der Erdtemperatur bei Eindringen in die Erdkruste in Richtung auf den Erdmittelpunkt. In der Nähe der Erdkruste beträgt sie meist  $3^{\circ}\text{C}$  auf 100 m. In Bergwerken und Bohrlöchern ist das leicht zu messen. Die Erdwärme nimmt mit der Tiefe zu (teils handelt es sich um Restwärme aus dem Sternstadium der Erde), vor allem durch Zerfall radioaktiver Elemente verursacht. Die Erdkerntemperatur schätzt man auf bis zu  $10\ 000^{\circ}\text{C}$ .

Nehmen wir also vereinfacht an, daß bei einer Wärmezunahme von  $3^{\circ}$  auf 100 m die Temperatur in 50 km Tiefe rund  $1\ 500^{\circ}\text{C}$  beträgt, so wären hier die meisten Stoffe schon flüssig. So hat Eisen einen Schmelzpunkt von  $1\ 535^{\circ}\text{C}$ , Aluminium von  $660,1^{\circ}\text{C}$ , Quarz (Si O<sub>2</sub>) von  $1\ 685^{\circ}\text{C}$ .

Durch den hohen Druck wird der Schmelzpunkt der meisten Gesteine stark herabgesetzt und man kann etwa sagen, daß sich das Verhältnis von fester Erdkruste zu feurigflüssigem Erdinneren (Magma, wobei auf neuere geophysikalische Vorstellungen hier natürlich nicht eingegangen werden kann), etwa wie 1 : 128 verhält. Die Erdkruste schwimmt auf dem flüssigen Erdinneren und taucht verschieden tief ein. Da im Erdinneren, vor allem durch die Erdrotation Strömungen entstehen, so werden Erdschollen bald in die Tiefe gezogen, bald emporgehoben, wodurch sich die Morphologie der Erdoberfläche ständig verändert und die Verteilung von Land und Meer Schwankungen unterliegt.

Im Erdinneren, im Magma, liegt die A k t i o n, in der Erdkruste die R e a k t i o n. Erstere schafft dauernd neue N i v e a u u n t e r s c h i e d e, letztere sucht diese wieder einzuebnen, indem die Atmosphärischen Verwitterungsschutt bilden, der den Depressionen, vor allem den Meeren, zugeführt wird. Würden die Kräfte des Erdinneren zur Ruhe kommen, gäbe es keine von da ausgehende "Aktionen" mehr,

dann würde die Erdoberfläche dem Zustand einer "Fastebene" (Peneplain) zustreben. Damit sind also die dem Laien oft so schwierig erscheinenden Fragen im Prinzip gelöst. Gebirge entstehen vorwiegend in Geosynklinalen, langen Senken wie der Tethys, mit sinkender Tendenz, die oft Sedimente von mehreren km Dicke aufnehmen. Unter ihrem Gewicht sinkt der Boden der Geosynklinale noch rascher ab, bis dann der umgekehrte Vorgang, die Gebirgsbildung eingeleitet wird. Alle grossen Faltengebirge sind aus Geosynklinalen hervorgegangen.

Nun sei die Paläogeographie des fränkischen Jura im Detail besprochen, wozu man immer die vielen paläogeographischen Karten vergleichen sollte. Paläogeographische Karten, vor allem die Verfolgung der früheren Küstenlinien, sind sehr schwierig zu entwerfen, denn ein großer Teil der einst gebildeten Sedimente wurde wieder abgetragen und wieder von neuem zu Sediment. Werfen wir einen Blick auf die geologische Karte Frankens, dann erkennen wir, daß der Jura einst fast ganz Bayern bedeckte, heute nur noch einen geringen Teil. Da, wo heute der Bamberger Kessel (im Keuper liegend) sich vorfindet, lagerten einst wie im nahen Jurazug noch viele 100 m dicke Juraschichten auf, die der Ablagerung zum Opfer gefallen sind. Die süddeutschen Jurasedimente wurden durch die kimmerische Gebirgsbildung gegen Ende des Jura herausgewölbt, sie bildeten einen großen Schild mit seinem höchsten Punkt nahe der Frankenhöhe. Von hier aus schritt die Verwitterung immer weiter und es entstand die typische Schichtstufe n l a n d s c h a f t, wobei härtere Gesteine der Verwitterung mehr Widerstand leisteten und Steilstufen bildeten, während weichere Gesteine rascher abgetragen wurden und flache Verebnungen bildeten. Man kann das heute noch genau erkennen, wenn man etwa zur Friesener Warte steigt und auf Morphologie und Gesteinshärte achtet (Opalinuston- und Ornamenton- Terrasse; Werkkalk Steilstufe, weniger beim Dogger-

sandstein ausgeprägt).

Nachdem heute die WEGENERSCHE V e r s c h i e b u n g s - t h e o r i e bewiesen ist, ist zu berücksichtigen, daß noch im Jura Euroafrika und der amerikanische Doppelkontinent eine kontinentale Einheit bildeten. Diesem Großkontinent waren auch Australien, usw. inkorpiert. Wie K. BEURLLEN zeigte, bildete sich die A l t a n t i s c h e S p a l t e erst im späten Mesozoikum und der amerikanische Doppelkontinent driftete nach W, wobei sich die Atlantische Spalte zum Atlantischen Ozean erweiterte. Am Westrand Amerikas wurden die Anden u.a. Gebirge durch diese Westdrift aufgewölbt. Das ist bei allen unseren paläogeographischen Karten zu bedenken, vor allem bei Abb. 7 (oben), daß Amerika schon sehr nahegelegen hat, wobei zu bedenken ist, daß bei der Westdrift Schollenränder absanken.

Sehr bezeichnend war für den Jura, aber auch weit darüber hinaus, das damalige äquatoriale Gürtelmeer, die Tethys (Abb. 1), die noch im Jura die große Einheits-Landmasse durchschnitt und vom östlichen zum westlichen Pazifik zog. Das Mittelmeer ist einer der letzten Reste der großen äquatorialen Tethys, aus der mächtigen Faltengebirge, vor allem die ALPEN emporstiegen. Jedoch war die Tethys keine direkte Scheide zwischen den nördlichen und südlichen Kontinentalmassen, es gab Untiefen und Landbrücken, wenn auch manchmal nur von kurzer Dauer, wie die Straße von Gibraltar im Diluvium. Natürlich war in einem so großen Gürtelmeer wie der Tethys die Fauna nicht einheitlich, noch weniger in den ihr vorgelagerten Epikontinentalmeeren (Abb. 1). Durch die Tethys fand ein reicher Faunenaustausch statt; Chile, Peru, Mexiko und Cuba z.B. weisen im Jura viele Faunenelemente auf, die sich in Mitteleuropa finden, und letztere wieder treffen wir in Indien an (V. UHLIG, Arbeit über die Spitischiefer und die marinen Reiche des Jura). Die Tethys war in Schelfgürtel und Tiefseezonen gegliedert, was erhebliche Faunenunterschiede bewirken konnte. Die Muschelgattung T r i g o -

n i a, bei uns erst im Dogger alpha häufig, stieß im Oberlias von Südamerika nach Europa vor. Das fränkisch-schwäbische Meer, noch nicht annähernd so groß wie die heutige Nordsee, war ein epikontinentales Anhängsel der Tethys, weniger tief, und von der Tethys meist durch den Vindelizischen Rücken getrennt, der aber Durchlässe im Bodenseegebiet enthielt. Das boreale Reich lag noch mehr im N, durch die Regensburger Straße war es mit fränkischen Becken verbunden, in das nordische Typen einwanderten, Ammonitengattungen wie C a d o c e r a s oder Muscheln wie A u c e l l a. Die Tethys diente einem reichen Faunenaustausch, aus Indien kamen Macrocephaliten, aus Mittel- bzw. Südamerika Idoceraten. Die im höheren Malm bezeichneten Virgatiten kamen aus dem borealen Bereich. Die L u d w i g i e n waren weltweit verbreitet, ihr eigentlicher Ursprung ist unbekannt.

K. BEURLEN hat die wichtigsten Hochgebiete im Jura, die nahe dem fränkischen Jurameer lagen, kurz gekennzeichnet. Ich verweise auf seine Karten (Abb. 2). Das Vindelizische Festland hat schon GÜMBEL auf Grund der großen Unterschiede zwischen alpiner und süddeutscher (schwäbisch-fränkischer) Fazies und Fauna postuliert. Eine Verbindung bestand in der Bodenseegegend. Die Böhmisches Masse war nach L. REUTER im Lias und Dogger Hochland, im Malm wohl überflutet. Sehr variabel war die Geschichte des M i t t e l d e u t s c h e n F e s t l a n d s, im tiefen Jura und später noch lange durch die Hessische (Mitteldeutsche) Straße geteilt (Abb. 3 a). An diese schließen westlich die Rheinische bzw. Ardenneninsel an, deren Bedeutung schon NEUMAYER, später vor allem BRANDES erkannt haben.

Die Paläogeographie des L i a s a l p h a wurde schon im Kapitel 3 besprochen. Das Meer faßte langsam Fuß, nachdem im F e u e r l e t t e n und R ä t schon kleinere Einbrüche vorhergegangen waren. Die Hessische Straße ( Abb. 3 a) hat als erster JÜNGST (1927) durch eingehende Untersuchungen nachgewiesen. Wie breit die Verbindung des schwäbischen und fränkischen Lias-alpha-Meeres damals war, läßt sich schwer feststellen, da im größten Teil von Franken und Schwaben der Jura abgetragen ist.

In L i a s b e t a hat sich der Meeresraum sicher erweitert. In Franken sind die P l a n i c o s t a -Tone sehr gut entwickelt, von 1 m Mächtigkeit nördlich der Pegnitz steigen sie auf fast 30 m auf Blatt Bamberg N, wo wir es schon mit B e c k e n f a z i e s zu tun haben. KRUMBECK hat eine Faziesgliederung von beta versucht, aber leider keine Karten beigegeben. Das südliche Randgebiet zeigt erst in der R a r i c o s t a t u s -Zone eine Transgression (KRUMBECK 1932), eine Ansicht, die heute überholt zu sein scheint. Hier jedenfalls finden sich sandige Mergel mit der dickschaligen Muschel H i p p o p o d i u m p o n d e r o s u m. Am Keilberg bei Regensburg findet man weder Lias b e t a noch gamma.

Im m i t t l e r e n L i a s hat das Meer schon gewaltige Ausmaße erreicht, wie Abb. 6 und 7 zeigen. Ein Vergleich der Abbildungen zeigt, wie sehr die Karten im Detail noch auseinandergehen. Die Hessische Straße soll damals nach R. FISCHER (1975) nicht gangbar gewesen sein.

Im L i a s e p s i l o n (Abb. 7, 8) war nach P. DORN die Hessische Straße gangbar, das hier durchströmende Wasser soll auf die zahlreichen bei Banz, aber auch bei Geisfeld unweit Bamberg aufgefundenen Saurier anziehend gewirkt haben. DORN nimmt für epsilon sogar eine kleine mittelfränkische

sche Insel mit an und eine gewisse Abtrennung vom schwäbischen Meer, das durch die schwäbische Straße quer durch das Vindelizische Land (Abb. 7 unten), mit der Tethys verbunden war. In der Bodengewässerbuch und am Keilberg findet man sandige Fazies, an letzterem mit viel Pflanzenhäcksel und Insektenresten. Die Ammonitenfauna Frankens ist von der schwäbischen stark verschieden, hingegen mehr der von NW-Deutschland angeglichen. *Dactylioceras athleticum*, der im Altdorfer Marmor massenhaft vorkommt, scheint in Schwaben ganz zu fehlen. Im allgemeinen mißt epsilon in Franken nur 5-10 m, bei Bremen wurden in einer Bohrung 300 m Mächtigkeit festgestellt. Wie im Lias epsilon die Ostküste des fränkischen Meeres etwa verlief, zeigt die Verbreitung der *Monotisplatte* (Abb. 8), die sich als Schillbank parallel zur Küste anlegte, sie stellt ein typisches Regressionsprodukt dar.

In Lias epsilon sind mehrere Schwellen festgestellt, so eine submarine von Altdorf bis Neumarkt, die wohl über Mistelgau hinausreicht. Eine weitere submarine Schwelle kennt man von Mönning (Hebungsgebiet!). Über die Schwelle, der wir die starke Verschiedenheit der schwäbischen und fränkischen Ammonitenfauna in Lias epsilon und teils auch schon in gamma verdanken, ist noch nichts Sicheres bekannt.

Über die lebensfeindlichen Verhältnisse im Lias-epsilon-Meer Frankens wurde schon sehr viel geschrieben. Doch waren diese sicher nicht durchwegs so groß, wie man vielfach annimmt. So gelang es Herrn Prof. SDZUY (Würzburg), damals Hörer an der Hochschule in Bamberg, im Sendelbachgraben im feinblättrigen Ölscher (Papierschiefer) einen fast vollständigen *Eryoniden* zu finden, also einen typischen Bodenbewohner, von dem allerdings behauptet wurde, er sei eingeschwemmt worden und brauche nicht am Boden des Ölschiefermeeres gelebt zu haben. Bei Kremmeldorf fand ich im Lias epsilon feine Wellen-

f u r c h e n, ebenfalls auf den bekannten bituminösen Platten, die dafür sprechen, daß das epsilon- Meer zeitenweise gut durchlüftet war, sogar in der Zeit der Ölschieferbildung.

Die reiche Anhäufung von Ichthyosauriern bei Banz (die Sammlung auf Schloß Banz, von THEODORI begründet und für die damalige Zeit eine paläontologische Sehenswürdigkeit ohne gleichen), ist leider in unwürdiger Weise aufgestellt und geradezu in desolatem Zustand, dem abgeholfen werden sollte, denn auch hier handelt es sich um Kulturschätze ersten Ranges, sowie die in Franken einmalige Anhäufung von K r o k o d i l e n (darunter ein vollständiges Skelett, mit den anderen Krokodilen von WESTPHAL revidiert; die Ichthyosaurier von E. FRAAS und 1922 von F. v. HUENE) brachte P. DORN in Zusammenhang mit reichem Frischwasserzufluß durch die Hessische Straße. Offenbar hat dieser Frischwasserzufluß sich weit in das epsilon-Becken nach S. erstreckt.

Betrachten wir die Karten von D o g g e r b e t a (Abb, 9 - 11), so stellen wir ein Vorrücken des Meeres fast bis in die Gegend von München fest (Bohrung von Scheerstetten). Die Ardenneninsel ist vorhanden, sie verbindet sich mit der Rheinischen Masse und wohl auch der Mitteldeutschen Masse bis hin zur Böhmischen. Eine Verbindung zum NW-deutschen Meer ist aber anzunehmen, wenn auch nur durch eine schmale Hessische Straße.

Abb. 10 zeigt die Schwellen und Senken im Dogger beta Frankens im Zusammenhang mit den Flözen. Die Schwellen verlaufen längst nicht so schematisch, wie sie SCHMIDTILL und KRUMBECK für Dogger gamma angenommen haben (Abb. 10 a). Abb. 11 (unten) zeigt, daß WAGNER noch die Hessische Straße annimmt, das Rheinisch-Ardennische Land reicht östlich wohl über Frankfurt a.M. hinaus. Die R e g e n s b u r g e r S t r a s s e hat sich schon erweitert und bricht im Ob. Dogger nach Polen durch (Abb. 11, oben).

Hier muß noch auf die in Dogger beta Frankens sehr wichtige Flözbildung hingewiesen werden. Ich verweise vor allem auf Abb. 10, die Lage ist kompliziert und längst nicht so einfach wie in Dogger gamma. Freilich sind die Senken in beta und gamma im westlichen die gleichen. Rhythmische Hebungen und Senkungen haben in beta eine große Rolle gespielt, die Regressionen hatten oft weitreichende Abtragungen zur Folge, in den "Eisenoolithkalken" erreichten sie ihren Höhepunkt. Übrigens waren, wie Tiefbohrungen zeigen, die Sandsteine des Dogger beta ursprünglich dunkel, nicht gelblich bis bräunlich, wie in den Profilen. Die Erzoptima liegen nach v. FREYBERG in Dogger beta in SW-NE verlaufenden Senken; die Ooide wurden aus dem Muttergestein ausgewaschen und durch Strömungen in den Senken angereichert. Damit ist P. DORN Ansicht widerlegt.

Auffallend ist der stellenweise große Muschelreichtum in beta, oft sind im Sandstein große Flächen von "Pecten personatus" (Amussium pumilum) bedeckt; es handelt sich meist um Einzelklappen wie bei der Monotisplatte. Beide Klappen im ursprünglichen Zusammenhang fand ich selten. Damit ist erwiesen, daß es sich um Schill handelt. Brachiopoden fehlen seltsamerweise in Dogger beta von Franken völlig.

Über die spezielle Paläogeographie des Dogger gamma bis zum Callovium hin ist nicht viel Sicheres bekannt. Eine sehr interessante Karte gab E. WEBER (Abb. 13), die sich stark von der Gg. WAGNERS (Abb. 12) unterscheidet. Über die Faziesbereiche im fränkischen Callovium hat L. REUTER (1908) grundlegende Erkenntnisse mitgeteilt, die sich im wesentlichen bestätigt haben.

Jedenfalls war, wie ZEISS ausführte, im Callovium, wie auch z.T. schon im Lias und noch früher, die Erstreckung

der Schwellen auf dem Boden des fränkischen Jurameeres ähnlich wie im Malm, wobei letztere durch *Schwammbe-siedlung* erkennbar sind.

Schon im mittleren Dogger, nicht erst im Callovium (hier aber maximal), erreichte das Meer besonders in Osteuropa eine riesige Verbreitung, die schon DE LAPPARENT in seinen Kartenentwürfen festgehalten hat.

Jedenfalls war im oberen Dogger die *Regensburger StraÙe* ausgebildet und es konnten boreale Elemente wie die Muschel *Aucella*, auf die POMPECKJ großen Wert legte, zuwandern. Durch diese Straße war die Vindelizische Masse isoliert und sie verlagerte sich im Weißjura nach S. Man vergleiche Abb. 15, wo die Mitteldeutsche Masse sehr klein geworden ist, aber noch mit der Ardenneninsel in Verbindung steht. Abb. 16 sieht die Verhältnisse anders. Die obere Abbildung zeigt die Wanderungen von *Aulacostephanus* im Malm delta um das skandinavische Hoch herum. Im Malm zeta waren nach HAHN, wie aus der Verbreitung von *GRAVESIA* hervorgeht, nord- und süd-deutsche Becken breit verbunden.

Jedenfalls brauchen wir eine *Mitteldeutsche Schwelle* als Wohngebiet der Land- und Luftbewohner, die von Nher in die Lagune der Solnhofener Schichten geschwemmt wurden; dort wuchsen auch zahlreiche Pflanzen, vor allem Nadelhölzer und Farne sowie Cykadeen. Abb. 15 (oben) zeigt die Solnhofener Lagunengegend durch vier Kreuze gekennzeichnet. Die südlich davon gelegene kleine Insel als Rest der Vindelizischen Masse ist sicher zu streichen.

Wie v. FREYBERG zeigte, lagen im Malm die weit verbreiteten *Schwammriffe* auf Schwellen und Schwellenflanken, deren Lage man somit rekonstruieren kann (Abb. 17). Die Erstreckung der *Schwellen* gibt auch einen Hinweis auf ihre Entstehung. Die Schwelle zwischen Mittlerer und Nördlicher Frankenalb (Abb. 17) verläuft ähnlich wie viele Faziesgrenzen in älteren Juraabschnitten, etwa im

oberen und mittleren Dogger, teils auch in Dogger beta, im Lias beta und gamma (KRUMBECK 1932, 1936), sowie im Keuper und Muschelkalk (ZEISS 1968). Diese Faziesgrenzzone trennt meist mergelig-tonige Beckenfazies im N von sandiger Randfazies im S. Eine weitere Faziesscheide bildet das Parsberg-Kelheimer Riff, es deutet auf eine herzynisch verlaufende Schwellenzone hin, die eine lange Lebensdauer hatte (A. ZEISS 1968). Weitere Details lese man in der ausgezeichneten Arbeit von ZEISS (1968) nach.

Was die "große Paläogeographie" Süddeutschlands angeht, so ist erst sehr wenig gesichert, weiß man noch nicht einmal, ob damals die Böhmisches Masse ein Hoch oder meeresbedeckt war, wie L. REUTER annahm. Ich weise aber auf die vielen Details, die ZEISS in Franken feststellen konnte, hin. ZEISS (1968) unterschied im fränkischen Malm-Meer drei groÙe Faziesräume (Abb. 17), deren Beziehungen untereinander und zum schwäbischen Becken er analysierte: Das Sedimentationsbecken der Nördlichen Frankenalb weist mit seinen mergelreichen Profilen schon im Malm alpha und beta auf engere Beziehungen zur Fazies des Schwäbischen Juras hin; im Malm gamma und delta hat sich dieses Gebiet dann fast vollständig an die württembergische Beckenfazies angeglichen. Nimmt man an, daß sich ein Sedimentationsbecken gleicher Fazies von der Schwäbischen Ostalb bis in die Nördliche Frankenalb erstreckte, so ist diese unter Berücksichtigung der abnehmenden Mächtigkeiten nach Norden im Malm alpha und beta als ein nordöstlicher Ausläufer der schwäbischen Beckenfazies zu betrachten. Im Malm gamma und delta ist bei den fast gleichhohen Mächtigkeiten in der Schwabenalb und in der Nördlichen Frankenalb ein derartiger Schluß kaum möglich

Die Südliche Frankenalb schließt sich im Malm alpha und beta ebenfalls an die Schwäbische Ostalb an, womit sich auch die Ähnlichkeit zur Nördlichen

Frankenalb erklären läßt. Indessen unterscheidet sie sich durch die Abnahme der Mächtigkeiten und Mergellagen im Riesgebiet (besonders für Malm alpha) beträchtlich von der Schwäbischen Fazies. Es handelt sich demnach um ein durch einen Schwellenbereich im Ries (mit Riffwachstum) abgetrenntes randliches Becken mit einer der schwäbischen Entwicklung ähnlichen Fazies.- Im Malm gamma und besonders im Malm delta treten die Beziehungen zur Schwäbischen Ostalb immer mehr zurück; die beiden Faziesbereiche sind weitgehend voneinander getrennt. Die Faziesgrenze im Gebiet des Rieses macht sich jetzt mit aller Deutlichkeit geltend und wird durch verstärktes Riffwachstum betont (vgl. H. SCHMIDT-KALER 1962). In der Südlichen Frankenalb vollzieht sich im Malm gamma und delta eine gewisse Annäherung an die Fazies der Mittleren Frankenalb (vgl. unten), d.h. es ist mit einer gewissen Verflachung des Meeresbodens zu rechnen. Im Malm epsilon und zeta 1-3 unterscheidet sich der Ostteil der Südlichen Frankenalb faziell und faunistisch vom Westteil so, daß man dort auf einen flacheren Meeresteil als hier schließen kann (Einzelheiten vgl. A. ZEISS 1968). Die höheren Stufen (Malm zeta 4-6) sind nur im Westteil überliefert. Die Faziesgrenze im Gebiet des Rieses macht sich im Malm zeta 2-6 deutlich bemerkbar. Interessant ist das Auftreten einer analogen Riffschutt-Fazies im unteren Malm epsilon im Bereich des Kelheimer Riffes (mit Korallen) und des Riffzuges im südlichen Riesgebiet bei Wittislingen (mit Schwämmen), das im Zusammenhang mit Hebungen in diesen Riffen stehen dürfte.

Das Gebiet der Mittleren Frankenalb weist sich im Malm alpha und beta als selbstständiges Sedimentationsbecken aus, begrenzt durch das Parsberger Riff im Süden und den Riffzug im Wiesental im Norden. Die mergelarme Fazies der Bankkalke und das Auftreten zahlreicher kleiner Riffkörper kennzeichnen diesen Sedimentationsraum

gegenüber der Nördlichen und Südlichen Frankenalb als ein randliches Becken mit flacherem Meeresboden. Diese Verhältnisse setzen sich im Malm gamma und delta fort, und ihnen paßt sich, ganz besonders im Malm delta, die Fazies der Südlichen Frankenalb an, wobei hier die Wassertiefe allerdings noch etwas größer gewesen sein dürfte. Im oberen Malm delta vollzieht sich auch in der Nördlichen Frankenalb mit dem Einsetzen einer weithin verbreiteten Schwammkalk- bzw. Dolomit-Fazies eine gewisse Angleichung an die Verhältnisse der Südlichen und Mittleren Frankenalb.

Wie läßt sich die Gliederung der Frankenalb in die drei großen Faziesräume erklären?

Wie schon erwähnt, sind die drei Faziesräume der Frankenalb durch Faziesscheiden voneinander getrennt, die meist durch Riffwachstum markiert werden. Da nach B. v. FREYBERG (1966) Riffe auf Schwellen oder Schwellenflanken liegen, kann man annehmen, daß diese Faziesscheiden durch Schwellen hervorgerufen werden; hierfür spricht auch die Änderung der Mächtigkeiten und der Tonführung (Abnahme zur flacheren Fazies hin). Natürlich unterliegt der Einfluß dieser Schwellen auf die Sedimentationsbecken starken Schwankungen im Laufe der Zeit. Das Parsberger Riff und das im Wiesenttal grenzen somit die tiefere Fazies der Nördlichen und Südlichen Frankenalb gegen das flachere Becken der Mittleren Frankenalb ab. Es ist zu vermuten, daß diese Riffe an Schwellenflanken liegen (ZEISS 1968).

## 5. Die Entstehung der Leitfossilien

Diese Frage ist identisch mit der nach der Entstehung neuer Arten überhaupt. Leitfossilien sind die eine Zone kennzeichnende Fossilart, die um so wertvoller ist, je häufiger, charakteristischer, faziesunabhängiger, kurzlebiger und horizontal verbeiteter sie ist.

Werfen wir einen Blick auf Abb. 18 19 b. Außer dem Stammbaum aller Juraammoniten sind hier noch *K o s m o c e r a s* und *A u l a c o s t e p h a n u s* im Detail dargestellt. *A u l a c o s t e p h a n u s* ist in Malm delta das wichtigste Leitfossil. Die beiden Arten *A. e u l e p i d u s* und *e u d o x u s* sind in ihren genetischen Beziehungen zu einander zu sehen, *A. e u d o x u s* tritt als Deszendent von *A. e u l e p i d u s* auf und bildet geographische Rassen. Mit dieser Form der Evolution liegt die 2. Phase, die Typostase bzw. Orthogenese von SCHI NEWOLFS drei Evolutionszyklen vor (Typogenese, Typostase, Typolyse). Auffallend ist die Größenzunahme der Arten im Laufe der Evolution, am Schlusse steht eine ganz große Form, die aber nicht mehr abgebildet wurde (Abb. 19 b).

Vergleichen wir die Entwicklungsreihen von *K o s m o c e r a s*, so erkennen wir zwischen der fränkischen und der englischen Reihe einige Unterschiede; bei ersterer sind auch nur einige Hauptstadien herausgegriffen, während BRINKMANN eine kontinuierliche Formenreihe, die sich allerdings gabelt, aufzeigt. BRINKMANN'S Artbestimmungen sind umstritten, in einigen Fällen nachweislich falsch. Auch gibt er selbst zu, daß in einigen Fällen die Rippen an der Externseite zu stark stachelförmig ausgezogen sind. Vergleicht man *K. o r n a t u m* bei REUTER und BRINKMANN, dann ist man sehr im Zweifel, daß hier dieselbe Art vorliegt! Aber immerhin ist das Wesen der Orthogenese dargestellt, zugleich drückt sich auch die geographische Rassenbildung

bzw. Milieubeeinflussung aus.

In den letzten Jahrzehnten sind außer *K o s m o c e r a s* und *A u l a c o s t e p h a n u s* noch andere Ammonitengattungen aus dem Jura genauer auf ihre biostratigraphische Brauchbarkeit untersucht worden, so *A m a l t h e u s* (FREBOLD, FRENTZEN), *G l o c h i c e r a s* (ZIEGLER), u.a. Immer wieder ergab sich dasselbe Bild. Plötzlich sterben Gattungen aus und neue müssen an Stelle der erloschenen treten, um die Biostratigraphie lückenlos weiterführen zu können (vgl. Abb. 27).

Wieweit nun die heute von der Genetik erkannten Faktoren derartige Reihen erklären, sei hier nicht weiter untersucht. Mutation führt sicher zur Entstehung von Unterarten, wohl auch neuer Arten, mindestens solcher in deskriptivem Sinn. Aber, das habe ich schon in den letzten Berichten mehrmals auseinandergesetzt, die Makroevolution, die Typogenese, kann sie nicht erklären. Das haben in den letzten Jahren bedeutende Fachleute bestätigt. Auch der bekannte Münchener Zoologe K.v. FRISCH, dem vor einigen Jahren der Nobelpreis verliehen wurde, hat unlängst bestätigt, daß Mutation und Selektion nicht ausreichen, die Evolution zu erklären. Es war sogar die Rede vom "lieben Gott".

Jedes Individium hat ein bestimmtes Erbgut. Unter äußeren Einflüssen können sich große Unterschiede bilden, die aber wieder zurückgenommen werden, sobald die das frühere Milieu wieder da ist. Wir sprechen von nichterblichen Modifikationen. Nach der Genetik sind die Gene die Träger des Erbgutes, sie sind zu Chromosomen vereinigt, die die Grundstrukturen des Zellkerns darstellen. Die Zahl der Chromosomen ist artkonstant, sie bestehen aus DNS (Desoxyribonucleinsäure), die an Proteine gebunden ist. Die DNS stellt ein langes Kettenmolekül dar mit alternierender Folge von

Zuckern (Desoxyribose) und Phosphorsäureresten. Doch sei das hier nicht im einzelnen erörtert. Man kann es in Kürze zusammengefaßt bei ZIEGLER (1975) nachlesen oder einem Lehrbuch der Genetik.

Bei vielen Organismen gibt es innerhalb einer Art mehrere Varianten einer Eigenschaft, die einander homologen Gene nennt man A l l e l e. Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung werden die Allele dauernd neu kombiniert. Praktisch sind alle Individuen einer Art in ihrem Erbgut voneinander verschieden. M u t a t i o n e n sind sprunghafte Änderungen des Erbguts, denen man die nichterblichen Modifikationen gegenüberstellt. Es wurde oben schon darauf hingewiesen. Verpflanzt man eine Löwenzahnpflanze aus dem Tal ins Hochgebirge, dann wird unter den neuen kärglichen Umständen die Gestalt so verändert, daß man etwas völlig Neues vor sich zu haben glaubt. Setzt man diese Form nun wieder in das Tal zurück, dann wird sie wieder zum allbekannten Löwenzahn.

Es ist bekannt, daß Mutationen spontan entstehen und meist lebensunfähig, ja sogar letaler Natur sind. Im Labor kann man sie durch Strahlen verschiedener Art, Chemikalien und Temperatureinwirkungen künstlich erzeugen. Doch können wir hier nicht noch einmal all das vortragen, wie es schon früher besonders im letzten Bericht geschehen ist. Sprechen wir nur noch kurz von der M u t a t i o n s r a t e, also der Häufigkeit, mit der sich Mutationen eines bestimmten Gens ereignen. Höhere Organismen besitzen zehntausende verschiedener Gene, weshalb fortgesetzt neue Varianten entstehen. Bei manchen Populationen tragen bis zu 10 % der Individuen Mutationen. An dieser natürlichen Variabilität kann die Auslese (Selektion) einsetzen. Die Entstehung neuer Arten stellt sich die Genetik (Erbforschung) so vor, daß sich in aufeinander folgenden Populationen Merkmale verändern und mit der Zeit so groß werden, daß man Anfangs- und Endglieder als verschiedene Arten trennt.

## 6. S e d i m e n t a t i o n , S e d i m e n t a t i o n s z y k l e n u n d d i e H e r k u n f t d e r S e d i m e n t e

Das süddeutsche Jurabecken hatte noch nicht einmal die Größe der heutigen Nordsee, war dazu noch weniger einheitlich ausgebildet, von Inseln durchsetzt und mannigfach mit anderen Meeresbezirken verbunden, wie der Tethys, der borealen Meeresprovinz und anderen Meeren.

Durch die Vindelizische Schwelle führte im Bodenseegebiet eine Straße, der es zu verdanken ist, daß zahlreiche Tethysbewohner zuwanderten, aber auch, daß im Lias gamma und epsilon fast dieselbe Fazies entstand: in gamma die Fleckenmergelfazies, in epsilon Ölschiefer. J. SCHRÖDER (1923) hat diese Faunen- und Sedimentzufuhr genau untersucht. Damals waren U r w ü s t e n noch weit verbreitet, d.h. es hätte auf den Festländern schon, so wie heute, geschlossene Vegetation existieren können, aber die Pflanzenwelt war noch nicht hoch genug entwickelt, um diese Räume zu besiedeln. Die Angiospermen waren erst im Kommen. Die heutigen Wüsten sind bedingt durch extreme Trockenheit! Es war also durchaus möglich, daß wie O. ABEL annahm, ein großer Teil des Kalks der Solnhofener Schiefer äolischen Ursprungs ist. Mit der H e r k u n f t u n s e r e r J u r a s e d i m e n t e hat sich sehr ausgiebig W. DEECKE (1920) auseinandergesetzt. Er nahm eine für die Sedimentverteilung sehr wichtige Senke an, die v o n d e r N o r d s e e n a c h S c h w a b e n führte (Abb. 6,7). Die Frage, woher unsere Sedimente stammen, vor allem die oft sehr mächtigen Mergel und Tone des Lias, war ihm ein Rätsel. Er dachte an die nordischen Graptolithenschiefer, an Ordovizium und Kambrium des kaledonischen Gebirges, an gehobenen Keuper des Rheinischen Schiefergebirges. Das war ihm eine v ö l-

l i g d u n k l e P h a s e in der westdeutschen Sedi-  
 mentation. Er führt weiter aus: An der Basis des Lias er-  
 kennt man oft genug Einlagerung auf- und umgearbeiteten Keu-  
 pers; auch halte ich dafür die eisenschüssigen Angulaten-  
 sandsteine Schwabens oder des Harzrandes oder Westfalens.  
 Anzunehmen ist, daß in gleicher Weise die große Meeresver-  
 schiebung überall neue Gefälls- und Böschungsverhältnisse  
 schuf und dadurch lebhaftere Denudation vorhandener Inseln und  
 Landstücke bewirkte; beider gab es nicht sehr viele, und der  
 Lias ist in Deutschland, Ostfrankreich und England zu gleich-  
 artig, als daß nur lokale Einflüsse ihn erzeugten. Wie bei  
 den Triasgliedern muß eine einheitlichere Bildungsweise ver-  
 mutet werden. Diese hätte dann bis zum Ende des Opalinustons  
 gereicht, weil mit den Murchisonaeschichten sich die Arden-  
 nen-Vogesenachse als eine herzynische Untiefe bemerkbar macht  
 und das Doggermeer in ein westliches Kalk (Oolith) sedimen-  
 tierendes Gebiet und eine östliche Tonfazies scheidet. Zu  
 letzter gehören Westfalen, Hannover, Schwaben, wie ja die  
 Hauptoolithgrenze über den Schwarzwaldkamm läuft. Schwan-  
 kungen in den Grenzen beider Regionen fanden wiederholt statt  
 und beruhen auf Verschiebungen des Meeresbodens als Vorläufern  
 der kimmerischen Faltung und Hebung Mitteldeutschlands vom  
 Malmbeginn an. Es ist auffallend, wie einheitlich die toni-  
 gen Sedimente vom B o d e n s e e b i s n a c h W e s t-  
 f a l e n i m g a n z e n D o g g e r wiederkehren, so-  
 bald die Schichten irgendwo erhalten sind. Der Eisenschuß oder  
 Sand in den Doggerlagen, welche dem Ardennen- und Böhmer-Mas-  
 siv benachbart sind oder an den Untiefen resp. Inseln von  
 Vogesen, Odenwald, Schwarzwald abgelagert wurden, sind ebenfalls  
 recht bezeichnend, ebenso wie die darin lokal auftretenden Reste  
 von Landpflanzen. Es ließe sich an abgetragenes Oberkarbon  
 der Rheinischen Masse bei den dunklen Lias- und Doggertonen  
 denken, woher nicht das Bitumen, sondern nur der Tongehalt  
 stammen könnte. Aber das ist ebenfalls unsicher; der viele  
 feinschuppige helle Glimmer der Opalinustone zeigt durch

seine kleinen Blätter eine Umlagerung an; aber ich weiß nicht woher er eingeschwenmt wurde. Dabei könnte am ehesten an den oberen Sandstein der mittlrheinischen Masse gedacht werden, deren Decke damals vielleicht der Erosion zum Opfer zu fallen begann, eher als an die Herkunft der Tone aus dem Oberkarbon, weil dieses ja unter der transgredierenden Trias lag und nicht eher umgelagert werden konnte, bevor nicht seine Hülle durchbrochen war. Lias und Doggertone müssen z u g e f ü h r t sein, da sich ja Ton nicht chemisch ausscheidet. Während des m i t t l e r e n u n d o b e r e n Lias fehlt es im Meere Mitteleuropas a n I n s e l n, die so viel feines Sediment abzugeben vermochten. Folgt man aber nach Norden der Tonfazies, gelangt man bis in das nördliche England. Die O o l i t h- u n d K o r a l l e n f a z i e s, welche im unteren, mittleren und oberen Dogger von England über die Normandie am Ardennenrande sich langsam immer weiter nach Süden schiebt, grenzt später das Tongebiet fortschreitend ein und gibt ihm den im Lias noch fehlenden, Deutschland schräg durchziehenden Charakter. Aus dieser Erscheinung und dem Auftreten eines gleichartigen Lias und Unterdoggers in Norddeutschland bis Rüdgersdorf und Pommern-Mecklenburg ergibt sich eine dem Buntsandstein ähnliche Verbreitung der unteren Juraformation, so daß ich deswegen geneigt bin auch ihr Material aus den gleichen Gebieten abzuleiten. Der so lockenden Versuchung die daraus sich ergebenden M e e r e s s t r ö m u n g e n zu ermitteln, möchte ich noch widerstehen. Sie sollen einer besonderen Abhandlung vorbehalten sein; ich halte die deutschen tonigen Jurasedimente für ein P r o d u k t e i n e r a t l a n t i s c h e n Kreisdrift.

Zweifelhaft ist, ob der M a l m noch im Odenwald, Spessart, Hessen zur Ablagerung kam. Es macht den Eindruck, als wenn im Untermalm sich die v a r i s t i s c h e R i n n e südlich der skandinavischen Masse voll ausbildete und gleichzeitig die H e b u n g M i t t e l

d e u t s c h l a n d s eintrat, so daß die Litoralfazies der Kalkriffe und Oolithe von Westfalen bis nach Pommern (Kolberg) sich allmählich entfalten konnte. Im Obermalm setzt die k i m m e r i s c h e F a l t u n g ein und ließ nur die vom Wealden erfüllte Rinne von Posen über Bornholm, Hannover, Niederlande nach Südengland und Frankreich übrig".

In Süddeutschland hingegen erfolgte gegen Ende des Weißjura völlige Trockenlegung des Meeresbeckens, die Mitteldeutsche Masse wurde herausgehoben und vereinigte sich breit mit der Böhmischen. BARTHEL stellte fest, wie sich das südfränkische Weißjurameer seit Absatz der Neuburger Schichten langsam nach S zurückzog. Die Vindelizische Masse versank und direkt auf ihr haben sich noch die jüngsten deutschen Juraablagerungen, der S e r p u l i t, sonst nur anstehend aus NW-Deutschland bekannt, abgesetzt (Bohrung in der oberbayerischen Molasse).

Betrachten wir die süddeutschen bzw. fränkischen Jurasedimente einmal als Ganzes, dann können wir feststellen, daß der Kalk vom Lias zum Malm steigend zunimmt. Der Malm besteht fast nur noch aus Kalk. Tone sind in Lias und Dogger stark vertreten, vielfach als Mergel entwickelt, d.h. mit Kalkgehalt. Sandstein hingegen findet sich selten, so im Lias alpha, dann wieder in großem Umfang (bis zu 100 m) im Dogger beta. Sonst nicht mehr; auf sandige Randfazies im Lias gehen wir nicht ein, bekannt z.B. aus der Gegend von Regensburg in Lias epsilon.

Im Frankenjura ist das Verhältnis von Sandstein zu Ton zu Kalk, grob geschätzt, etwa 1 2 5. Im Malm haben wir starke Mergellagen im Unteren und Oberen Grauen Mergelkalk, wie schon GÜMBEL erkannt hat, also in Malm alpha und gamma. Sonst kaum mehr, außer in den Fäulen bzw. den Zementmergeln, die auf Schwaben beschränkt sind. Woher kommt nun dieser Kalk und gab es im Oberen Malm besondere, massenhaft kalkausfällende Organismen, die direkt "epidemisch" auftraten

und so die mächtigen Kalklagen erklären? Gelöst ist die Frage nicht.

Jedenfalls läßt sich im Jura Frankens nirgends ein typischer Zyklus im Sinne von KLÜPFEL oder FREBOLD feststellen, hingegen sind Rhythmen im Malm weit verbreitet, typische Beispiele sind der Werkkalk und der Solnhofener Schiefer.

Im Weißjura kommt es zu starker Dolomitisierung der Kalke durch absteigende magnesiumhaltige Lösungen, die aber an dickeren Mergellagen gestoppt wurden. Es liegt also Metasomatose vor. Gelegentlich wurde auch Dedolomitisierung beobachtet.

Oft ist scharfer Fazies- und zugleich Faunenwechsel festzustellen, besonders eindrucksvoll an der Grenze Lias delta zu epsilon. Hier müssen wir wohl mit DEECKE eine plötzlich auftretende Meeresströmung annehmen, die das neue Material lieferte. Aber woher diese kam, aus welcher Meeresstraße Sediment zugeführt wurde, entzieht sich unserer Kenntnis, ebenso, wie auch im einzelnen nicht nachweisbar ist, wo die großen Sedimentlieferanten lagen, im Böhmischem Festland, der Rheinischen Insel oder gar in Fennoskandia. DEECKE hat einmal für einen Abschnitt des deutschen Mesozoikums festgestellt, daß die Faziesfolge hier eine Umkehr der Schichtenfolge paläozoischer Schichten darstellt. Doch müssen wir leider, ohne eine überzeugende Antwort geben zu können dieses Kapitel schließen. Epirogenese, Klimawechsel, wechselnde Meeresströmungen und Sedimentlieferanten sind hier mit im Spiele.

Die Korallenkalke von L a i s a c k e r (Donau) führen nach BARTHEL (1961, ff.) *G r a v e s i a*, *H y b o n o t i c e r a s h y b o n o t u m*, *N e o c h e t o c e r a s s t e r a s p i s*, also entsprechen sie den Solnhofener Schichten.

Das Tempo des Wachstum der Korallenriffe ist noch wenig geklärt, in der Jurazeit kann sie stark von der heutigen verschieden gewesen sein, dasselbe gilt für die Schwämme. Doch weiß man, daß die heutigen Korallenriffe verschiedene Voraussetzungen benötigten, wie klares warmes Wasser von bestimmter Tiefe; die Zusammenhänge von mächtigen Korallenriffen der Vorzeit und starkem epirogenetischem Absinken des Meeresbodens sind schon längst bekannt.

A. ROLL (1934) hat gezeigt, daß sich die *S c h w a m m r i f f e* nur soweit erhalten konnten, als ihre zarten Gebilde von Sediment eingedeckt wurden. Das läßt auf die absolute Bildungsdauer dieser Gesteine im Malm schließen, die weit hinter der auf Grund radioaktiver Altersbestimmungen angegebener Werte zurückliegt. Allerdings wies B. ZIEGLER darauf hin, daß die Gittersekelette der Spongien auch nach dem Absterben des Schwammriffs noch erhalten blieben, aber sicher nicht sehr lange, denn im Meerwasser lösten sich die zarten Gebilde vor allem bei starker Strömung bald auf.

Riffschutt von Schwammriffen findet man häufig im Malm Frankens, die Bankkalke des Ob. Malm gamma an der Würgauer Steige, die weitgehend aus Schwammriffschutt bestehen (Blatt Scheßlitz, mit Abbildung des Hölleinschen Bruches), sind ein bezeichnendes Beispiel für Schuttbeimengung in die Normalfazies.

ROLL (1934) zeigt, daß der Riffbau der Schwämme nicht stark autark ist, wie bei den aktiv bauenden Korallen, vielmehr ist nicht ihr eigenes organisch ausgeschiedenes Skelett für den Riffbau von ausschlaggebender Bedeutung, sondern die gleichzeitige Stauung des allochthonen Sediments, das die Schwämme umhüllt und damit soweit festigt, daß ihre

Form bestehen kann. Aus eigener Kraft wären die Schwämme nicht zum Riffbau fähig. Wieweit im Einzelfall der allochthone Kalk durch das Schwammgerippe hochgestaut werden kann, ist nicht immer leicht zu sagen, ich verweise auf die Abb. 20. Schwammkuppeln haben bis zu  $25^{\circ}$  Böschungswinkel. Große Schwammkuppeln können später nach der Freilegung durch die Atmosphärilien oder schon vorher von Sprüngen durchsetzt werden, die sich später so stark erweiterten, daß einzelne säulenförmige Pfeiler herausgelöst und weggespült werden, während die restlichen Schwammfelsen stehen bleiben. Das sieht man besonders schön mit dem Fernglas an der Würgauer Steige von der Anhöhe des Heldenhains.

SCHRAMMEN (1936) hat die Kieselpongien des süddeutschen Oberjura systematisch bearbeitet und im ganzen 141 Arten unterschieden, von denen viele aus der Bamberger Umgebung stammen, vor allem auch vom Staffelberggebiet. 89 Arten sind Triaxonia; Tetraxonia, Monaxonia und Cryptaxonia sind es wesentlich weniger. Die Calsispongien bedürfen noch der Revision.

Über das jährliche Höhenwachstum von Spongien, die heute vorwiegend in der Tiefsee leben, weiß man kaum genauere Daten. Dieses wären auch kaum auf die jurassischen Formen zu übertragen. Doch darf man annehmen, daß die Juraspongien pro Jahr kaum mehr als 6-8 mm in die Höhe gewachsen sind, die Stauung des Sediments mußte also mindestens innerhalb der Riffe ebenso rasch erfolgen. So können wir schließen, daß wohl in der Nachbarschaft der Schwammriffe in 1000 Jahren etwa 3m Sediment entstand.

B. v. FREYBERG wies darauf hin, daß Schwammriffe in Franken stets an Schwellen bzw. der seitlichen Hänge gebunden sind. Aus dem Vorkommen von Schwammfazies ist demnach auf die Struktur des Untergrunds zu schließen, auf die später nocheinmal beim Malm eingegangen wird.

Über das Klima im Jura ist schon viel geschrieben worden, man nimmt allgemein an, daß es damals,

ähnlich wie heute, Klimagürtel gab (Abb. 1). Für die Beurteilung des süddeutschen Jura sind Korallen von besonderer Bedeutung (SCHWARZBACH 1961), im Lias der sehr kalkarm ist, fehlen in Franken Korallenriffe. Erste Andeutungen von solchen finden sich im Dogger gamma, wo sie SCHMIDTILL nachgewiesen hat. Im Malm fehlen zunächst auch noch die Korallenriffe, erst im oberen Malm setzen sie ein. In Malm zeta haben die Korallenriffe bei uns ihr Optimum erreicht. Es ist nachgewiesen, daß im Oberen Malm Europas bei  $54\ 1/2^{\circ}$  nördlicher Breite nur 6 Arten von Riffkorallen, bei  $47^{\circ}$  nördlicher Breite aber schon 184 Arten von Riffkorallen auftreten. Äquatorwärts ist eine starke Zunahme der Riffkorallen im Malm zu erkennen. In der borealen Provinz NEUMAYERS (vgl. UHLIG 1911 und NEUMAYER 1883) kommen fast keine Riffkorallen vor, dort sind auch Kalke sehr selten. Die boreale Provinz hat jedoch eine bezeichnende Fauna, die besonders durch gewisse Ammoniten und Muscheln (Virgatices, Aucella, usw.) gekennzeichnet ist.

Das dunkelgrüne Mineral Glaukonit findet sich auch viel in den borealen Juraablagerungen; es tritt nach heutigen Erkenntnissen besonders da auf, wo kalte und warme Meeresströmungen aufeinander stoßen. Glaukonitkörner sind übrigens in der Platynota-Zone von Tiefenellern stellenweise auffallend häufig, das gilt auch für gewisse Zonen des Unteren Malm.

Auf die Muschel Aucella hat POMPECKJ großen Wert gelegt, sie ist aber nur selten aus dem borealen Reich durch die Regensburger Straße nach Franken eingewandert.

Die bei Sassendorf im Lias alpha 2 nachgewiesene Warenbildung läßt auf humides Klima im früheren Lias schließen, obwohl die Flora subtropisch anmutet.

## 7. K o r a l l e n - u n d S c h w a m m - r i f f e

Während Korallenriffe fast während der ganzen Erdgeschichte auftreten sind die Schwammriffe von ganz wenigen Ausnahmen abgesehen eine B e s o n d e r h e i t d e s s ü d - d e u t s c h e n W e i s s j u r a. Die Verschwammung beginnt schon sehr früh in Malm alpha, die Daten, die für das erste Auftreten genannt werden, sind etwas konträr, anscheinend kommen kleine Stotzen schon unmittelbar über der Glaukonitschicht vor.

Erste Einzelkorallen findet man im Jura Frankens offenbar erst im Lias zeta, dann häufiger im Dogger alpha (T h e c o c y a t h u s). Sie lebten auf tonigem Grund, eine Form war flach-schüsselförmig, die andere mehr zylinderförmig. Rassen von I s a s t r a e a und T h a m n a s t r a e a hat zuerst SCHMIDTILL (1951) aus dem Dogger gamma von Thal-mässing nachgewiesen, P. DORN (1939) beschrieb Einzelkorallen aus Dogger delta. Sicher war das Meerwasser damals schon klarer als zur Zeit des Opalinustons, auch wärmer und kalkreicher.

Unter den fränkischen K o r a l l e n r i f f e n wurden die von Kelheim am bekanntesten. Hier fanden sich neuerdings Ammoniten, die sonst auf M a l m g a m m a b i s M a l m z e t a verteilt sind, also ist ein sehr früher Beginn der Riffbildung bei Kelheim anzunehmen (nicht erst in epsilon oder zeta). Die Artenzahl der Korallen ist hier viel geringer als in Württemberg, vor allem an dem klassischen Vorkommen von Nattheim. Viele Nerineen, Diceraten und große Brachiopoden sind für die Korallenfazies von Kelheim bezeichnend, die Fauna hat M. SCHLOSSER beschrieben. GEYER (1954) wies im schwäbischen Malm rund 150 K o r a l l e n a r t e n nach; nicht annähernd so viele sind von Kelheim bekannt.

## 8. Absolute Bildungsdauer des Jura

Die Stratigraphie hat eine Skala geschaffen, in die sie alle geologischen und paläontologischen Ereignisse einreihen kann. Sie kennt das *Aufeinander* der Ereignisse, aber nicht deren *absolute Dauer*. Sie befindet sich in derselben Lage wie ein Historiker, der zwar die *Aufeinanderfolge* der Regenten eines Kaiserhauses kennt, nicht aber deren *Regierungsdauer*.

Der geologische Zeitbegriff ist also ein relativer, kein absoluter. Die Skala des Jura, in die wir alle jurassischen Daten einreihen, ist zwar hochentwickelt, die Zahl der Zonen, heute gegen 75, dürfte bald auf 80 - 90 ansteigen.

So ist der Wunsch verständlich, eine *absolute Zeitdauer* zu erhalten, die den Geologen von der radioaktiven Altersbestimmungsmethode angeboten wurde. Heute werden diese Wert fast allgemein anerkannt. Den Jura veranschlagt man auf 55 Mio. Jahre, endent 135 Mio. Jahre v.Z. Man hat auch schon andere Werte gehört und wird sie hören, aber das sei nicht weiter erörtert. Daß gegen diese Methode Einwände gemacht wurden ist klar, vor allem hat DACQUÉ darauf hingewiesen, daß sie viel zu hoch erscheinen, wenn man sie mit jenen Werten vergleicht, die mit geologischen Überlegungen gewonnen wurden.

Schon in der Mitte des 18. Jahrhunderts hat der große BUFFON (1707 - 88) aus den *sechs Tagen* der Schöpfung 75 000 Jahre gemacht. 1830 nahm LYELL, der Begründer des Aktualismus, 230 Mio. Jahre an, aber nur für den Sedimentmantel. Heute nimmt man das Alter der Erde meist sehr viel höher, ca. 6 - 7 Milliarden Jahre, an.

Ohne mich irgendwie festlegen zu wollen, gebe ich die Werte an, die DACQUÉ vor 40 Jahren für der Wahrheit nahekommend annahm:

Erdneuzeit	5 Mio. Jahre
Erdmittelalter	25 Mio. Jahre
Erdaltertum	60 Mio. Jahre-

Das sind insgesamt 90 Mio. Jahre, gegenüber den sonst angenommenen rund 520 Mio. Jahren.

Nehmen wir nun einmal an, im Jura, in einem Zeitraum von 55 Mio. Jahren, haben sich in Franken, grob geschätzt, 750 m Sediment gebildet, auf ein Jahr fallen dann nicht einmal 0,000001 mm Sediment.

Das ist überraschend wenig und steht in schroffem Widerspruch zu den auffallend niedrigen Werten, wie sie etwa POMPECKJ für den Werkkalk (3000 Jahre) und ROTHPLETZ für den Solnhofener Schiefer errechnet haben. Nun zu schließen, die Dauer von 55 Mio. Jahren sei einfach falsch, oder im Jura hätte die Sedimentation nur in gewissen Zeiten stattgefunden oder die meisten Sedimente seien noch vor Jura-Ende wieder abgetragen worden, wären voreilig. Jedenfalls spricht viel gegen die hohe Zahl von 55 Mio. Jahren und es ist zu bedenken, daß weltweit im Jura die Zonenfolge dieselbe ist, wenigstens in den Grundzügen, allgemeine Schichtlücken von Weltweite gibt es nicht.

Gegen die physikalische Altersbestimmungsmethode, die absolute Werte angeben, kann man mancherlei Einwände erheben. Die Zeit der Erfahrung der Physiker beträgt auf diesem Sektor erst wenige Jahrzehnte, von denen aus man viele Hundert Mio. Jahre extrapoliert.

Schon H. POINCARÉ (1854 1912) hat dargelegt, vor allem in seiner vielbeachteten Schrift "Wissenschaft und Hypothese" (deutsch 1904), daß nicht bewiesen sei, daß die Naturgesetze unveränderlich seien. Wir können sie auch nicht als so seiend verstehen, sie könnten ebenso gut anders sein. Ich verweise hier vor allem auf die Kritik DACQUÈS, der darauf hinweist, daß die physikalisch gewonnenen Werte sehr viel höher sind als die mit geologischen Methoden gewonnenen, die aber nur in Einzelfällen brauchbar sind und auch nur annähernde Werte geben.

Man denke in diesem Zusammenhang nur daran, das Geophysiker berechnet haben, daß der Erdtag einst nur 2 Stunden gedauert haben soll; was haben da zeitliche Angaben für einen Wert?

Mit dem *Entwicklungs-tempo* der *Organismen* kommen wir auch nicht weiter, denn dieses ist sehr verschieden und im einzelnen unbekannt. Man kennt Dauerformen, so *Lingula* seit dem Silur; der Krebs *Thriops cancriformis*, von *Trushheim* aus dem Blasensandstein des Keupers von Ebrach (Steigerwald) beschrieben, ist mit dem heute noch lebenden Repräsentanten artidentisch; seit rund 200 Mio. Jahren fand hier keine Entwicklung mehr statt. Große Tiergruppen wie die Amöben haben sich bis heute kaum geändert, obwohl sie mit die primitivsten Lebewesen sind, die wir kennen. Offenbar blieb manchmal die Evolution einfach stecken, dann ging sie wieder sehr rasch vor sich, oder sie erfolgte wieder sehr langsam. Letzteres entnehme man daraus, daß seit den Tagen des *Cro-Magnon-Menschen* der Vorzeit sich wesentliche genetische Veränderungen kaum vollzogen haben. Und was an Anlagen und kulturellen Leistungspotenzen bei den alten Griechen vor 3000 Jahren gegeben war, hat sich seitdem im Zuge biologischer Evolution kaum gesteigert (W. HERBST 1974). Vom ersten Auftreten des Menschen an war die kulturelle Entwicklung viele Hunderttausend Jahre hindurch überraschend gering und setzte erst schlagartig im Neolithikum ein.

Der Versuch aus dem Wachstumstempo von Korallen und Schwämmen auf die Geschwindigkeit der Sedimentation zu schließen ist so gut wie unmöglich, exakte Werte wenigstens erhält man nicht, wenn auch ziemlich kleine. Am bekanntesten wurde der Versuch von ROTHPLETZ (1909), auf die Bildungsdauer des Solnhofener Schiefers zu schließen.

Die Solnhofener Schiefer zeichnen sich durch brillante Erhaltung der meisten Fossilien aus. Feinstes Libellen-

flügel-Geäder ist in geradezu notarieller Treue überliefert, ebenso die langen zarten Antennen von Krebsen oder petrifiziertes Fleisch von Fischen und Tintenfischen (O.M. REIS). All' das verlangt rasche Einbettung, da sonst die Antennen oder Insektenflügel zerfallen wären. Gehäuse von *Aspidoceras* sind zuweilen senkrecht stehend eingebettet, woraus man rasche Eindeckung erschloß, vorausgesetzt, die Schalen sind nicht zu tief in das noch lockere Sediment abgesackt. Dagegen spricht aber die Tatsache, daß über Leichen von Tintenfischen die Verwesungsgase noch in Form von Spratzgängen (eine Art pipes oder Durchschlagröhren) den schon sehr zähe gewordenen Kalkmantel durchschlugen. Ferner erleben wir, daß liegend eingebettete Ammoniten das über ihnen liegende Sediment emporgehoben haben. ROTHPLETZ (1909) schätzte, daß in der Solnhofener Lagune jährlich 5 cm Kalkschlick abgesetzt wurden.

POMPECKJ (1914) untersuchte den Werkkalk (Malm beta) und ging dabei von der Tatsache aus, daß hier meist um 40 cm dicke Kalkbänke, durch dünne Fäulen getrennt, vorliegen. Er hielt das Phänomen für klimatisch bedingt. Da eine Bank nicht in einem Jahr gebildet werden konnte, nahm er die *Brücknerschen Klimaperioden* von je 35 Jahren zuhulfe und kam so auf eine Bildungsdauer von etwa 3000 Jahren.

Es kann hier nicht genug auf POMPECKJ'S geistreiche Schrift aus dem Jahre 1914 hingewiesen werden. Er sah auch, daß im süddeutschen Malm alpha - delta alpha und gamma stark tonig entwickelt sind, im alpha Württembergs kommen die Franken fehlenden Impressatone vor, während in Franken die Werkkalk-Fazies tief nach alpha reichen kann.

Der Wechsel: alpha Mergel (Impressamergel, Unt. graue Mergelkalke)

beta Kalk

gamma Mergel (Ob. Graue Mergelkalke)

## delta Kalk

reizte auch später BEURLEN, hier einen großen Rhythmus anzunehmen, den POMPECKJ klimatologisch, BEURLEN epirogenetisch zu lösen versuchte. Einen Beitrag der fränkischen Pflanzenschiefer des Lias alpha von Sassendorf konnte KUHN (1955) leisten. Dort fand Verfasser 1950 einen verlassenen Steinbruch mit einer etwa 2,9 m mächtigen Schiefertonslinse, die durch den Fund des ersten Laubblattes (Dicotylenblattes, *Sassendorfites benkertii* Kuhn 1955) sowie durch Süßwassermuscheln und Warven bekannt wurde. 1). Verf. konnte 1955 deutliche Warven feststellen, jeweils auf eine etwas dickere graue Lage folgte eine dünnere gelbliche. Der damals in Bamberg lebende bekannte Quartärforscher Dr. Dr. h.c. H. GROSS hat meine Auffassung bestätigt. Jedes Doppelband mißt 4-7 mm. Die ganze Tonserie von 2,9 m Mächtigkeit entstand demnach in ca. 600 Jahren. Aus diesem Vorkommen ist zu folgern, daß damals deutliche Sommer- und Winter ausgeprägt waren, somit humides Klima (im Gegensatz zum tropischen bis subtropischen des Weißjura).

SCHWARZBACH zeigte, daß 1 m toniges Zwischenmittel im Karbon in 1700 Jahren entstand, also wesentlich länger zu seiner Bildung brauchte, als die Sassendorfer Pflanzenschiefer. Ein Hinweis darauf, wie vorsichtig man bei derartigen Altersbestimmungen sein muß! Entscheidend ist aber, daß diese Werte immer noch sehr viel niedriger liegen, als die durch die radioaktive Altersbestimmungsmethode im allgemeinen ermittelten.

Anm. 1. Die reiche Pflanzenwelt von Sassendorf hat KRÄUSEL erst teilweise beschrieben; die neueren Funde, damals durch Grabungen von dem damals in Sassendorf wirkenden Lehrer von 1953-1955 gewonnen, sind noch nicht publiziert. Leider ging das älteste Laubblatt durch einen unglücklichen Zufall verloren, aber Prof. W. TROLL hat es begutachtet und mir geschrieben, daß es sich zweifellos um

ein Dicotylenblatt handle, was vor allem der randparallele Verlauf der Seitenrippen beweise. Eine etwas retuschierte Abb. 20 zeigt den Fund in fast doppelter Größe. Es sind nur dickere Adern (Rippen) da, von der Hauptrippe gehen wenige deutliche Seitenrippen aus. Sonst konnte ich keinerlei Adern erkennen, vor allem nicht die feine netzförmige Nervatur, wie sie moderne Laubblätter auszeichnet. Sicher liegt eine neue Familie in *S a s s e n d o r f i t e s* vor. Das Blatt war ursprünglich wohl lanzettförmig, ist aber jetzt etwas unsymmetrisch erhalten. Sehr deutlich ist der Blattstiel ausgebildet. Hoffentlich wird bald ein neuer Fund gemacht, was bei umfangreicheren Grabungen sicher gelingen würde.

Zum Abschluß sei noch auf ein sehr interessantes Beispiel hingewiesen, wie man mit Hilfe geologisch-paläontologischer Methoden das absolute Alter einer Schicht bestimmen kann. Nach G. WAGNER kommen im Muschelkalk Schwabens *k o p f g r o s s e A u s t e r n r i f f e* vor, die sich in etwa 2000 Jahren gebildet haben dürften. Das ungefähre Wachstum dieser Muscheln ist bekannt oder doch mit einer gewissen Sicherheit zu schätzen. Das Riffwachstum erfolgte rascher als die Bildung des umgebenden Sediments, andernfalls wäre das Riff zugedeckt worden (ähnlich, wie bei den Schwammriffen des Malm). Wird ein solches Muschelriff etwa 2 m hoch, dann dauerte seine Bildung rund 1 0 0 0 0 J a h r e. Das Sediment ringsherum von etwa 1 m Dicke bildete sich dann ebenfalls in rund 10 000 Jahren. Der gesamte Muschelkalk wäre demnach in 1 2 0 0 0 0 0 J a h r e n entstanden. Aber das würde voraussetzen, daß die Sedimentation stets gleichmäßig weiterging, was nicht anzunehmen ist. Immerhin haben wir hier wieder einen sehr geringen Wert gewonnen, wenn wir bedenken, daß die ganze Trias etwa 25 Mio. Jahre dauerte.

## 9. Die Biostratigraphie des Jura in Franken

Nach den vielen Überlegungen über allgemeine Probleme der geologischen Forschung soll nun anschließend an die Tabelle von SCHMIDT-KALER & ZEISS (1973) ein kurzer Überblick über die heute übliche biostratigraphische Gliederung des Jura in Franken gegeben werden. Dabei ist nochmals daran zu erinnern, daß Leitfossilien niemals überall, wo sie auftreten, die gleiche vertikale Reichweite (Lebensdauer) haben, dasselbe gilt auch für Leitbänke. Die Grenzen der Zonen und Leitbänke ( etwa Oolithenbank) verlaufen also nicht wie parallele Linien, sondern wellig, zuweilen mit kräftigen Ausschlägen nach oben und unten.

Dieser Abschnitt fiel auch deswegen etwas umfangreicher aus, da vielfach die Entstehung der heutigen biostratigraphischen Gliederung berücksichtigt wurde und mehrfach historische Hinweise eingeschaltet wurden.

Im Lias alpha 1 (Psiloceras-Stufe) wird nur die Planorbis-Zone ausgeschieden, während W. LANGE eine größere Zahl von Zonen und Subzonen annahm. Sicher hat auch für Franken noch die Johnstoni-Zone (Lias alpha 2) Berechtigung ( Abb. 3 a).

Bevor wir zu Schlothemia-Stufe (Lias alpha 2) übergehen, sei noch kurz auf die von VOLLRATH (1924) gelöste Kontroverse über die Leitammoniten des Lias alpha in Württemberg hingewiesen. Nach P. VOLLRATH gehören die Ammoniten des Lias alpha nicht getrennten Zonen an, sie existieren vielmehr räumlich nebeneinander in verschiedenen Faunenbezirken bzw. Senken des schwäbisch-süddeutschen Meeres. Wanderungen spielten dabei eine große Rolle. VOLLRATH betont in Hinblick auf die Standardprofile, daß jede Wissenschaft zunächst ein Schema braucht, an dem sie sich orientieren muß, aber dann folgt die Verfeinerung und oft genug die Auflösung des Schemas. Man kommt nur mit Verfolgung der Profile

von Aufschluß zu Aufschluß zum Ziel. Das sog. schwäbische Rät hält VOLLRATH für die Küstenfazies des vordringenden Jurameeres, der bekannten Leitmuschel "A v i c u l a" c o n t o r t a spricht er den Charakter eines echten Leitfossils ab. Doch hat diese zunächst in den Alpen massenhaft nachgewiesene, dann auch aus Schwaben und Franken bekannt gewordene Art, stets ihr Vorkommen im Rät und unterhalb des Lias.

VOLLRATH schießt sicher über das Ziel hinaus und seine Vorstellungen wurden damals weitgehend bzw. ganz abgelehnt. Aber etwas wahres ist doch daran. Als ich am Rothof bei Bamberg auf der Hochfläche unweit des Gutshofes im obersten Lias alpha 2, neben S c h l o t h e i m i a a n g u l a t a auch N e o p h y l l i t e s nachweisen konnte, war der Nachweis erbracht, daß P s i l o c e r a s bzw. eine sehr nahestehende Form fast noch durch ganz alpha 2 durchhält. Später fand ich noch mehrere N e o p h y l l i t e s unweit des Rothofs im Hangschutt des Michaelsberger Waldes gegen Gaustadt zu.

Bei Sassendorf wies ich in der S t e n o r h y n c h a - Zone (Lias alpha 2 b) den ältesten "A r i e t i t e s" nach. (A. F r a n c o j u r e n s i s K u h n). Also auch hier eine M i s c h f a u n a, mit der vom Rothof altersgleich.

Anm. 1 In den Erläuterungen zu Blatt Bamberg S 1:25000 unterlief M.LANG ein Irrtum. Am Rothof bei Bamberg kommt A r i e t i t e s f r a n c o j u r e n s i s nicht vor, sondern nur N e o p h y l l i t e s zusammen mit S c h l o t h e i m i a. Statt S c h l o t h e i m i a cf. a c u m i n a t a muß es C a r d i n i a cf. a c u m i n a t a heißen.

Jedenfalls haben gegen Ende von alpha 2 in der Gegend von Bamberg A r i e t i t e s, S c h l o t h e i m i a

und *Psiloceras* noch zusammen gelebt. *Neophyllites* Lang 1941, wohl mit *Psiloceratinae* Späth 1914 zu vereinigen, gehört mit *Psiloceras* zur Subfamilie *Psiloceratinae*. *Neophyllites* Lang 1941 hat anscheinend etwas degenerierte, pseudoceratitische Lobenlinien. Neuerdings fand sich *Neophyllites* häufiger in der Umgebung von Bamberg im Lias alpha 2, nach ZEISS bei Oberbrunn und am Großen Gleichberg.

Auf einer Ostern 1933 mit Prof. KRUMBECK durchgeführten Exkursion nach Schammelsdorf-Kremmeldorf besprach ich mit ihm die Frage der Mischfauna im Lias alpha 2 b. Er meinte, daß man jene Angulatensandsteinpartien, in denen die *Psiloceras*-artigen Ammonitenfunde vorkommen, noch zu alpha 1 stellen sollte, die mit *Arietites* zu alpha 3. Das würde aber eine Aufgabe der Schlothheimia-Stufe ergeben, was unmöglich ist. Eine Überspitzung des Leitfossilprinzips ist schädlich und schon deswegen unnötig, weil es sich meist um Ausnahmen handelt.

Erdgeschichtlich ist noch zu erwähnen, daß im obersten alpha 2 bei Sassendorf massenhaft kleine Schlangensterne (Ophiuroidea) vorkommen, die noch nicht bearbeitet sind (eine große erdgeschichtliche Seltenheit!). Die Tiere sind sehr gut erhalten und haben meist nur 15 mm d.

Lias alpha 3, der Arietensandstein, wird in Franken in Bucklandi- und Semicostatum-Zone gegliedert. In Württemberg ist die Zahl der angenommenen Zonen bzw. Subzonen viel größer, in Franken ist diese Feingliederung jedoch nicht durchführbar, obwohl hier mindestens 13 "Arietens"-Arten bekannt sind. Die obere Arietensandsteinbank reicht, wie beta-Fossilien zeigen, nach Lias beta hinauf (Funde von beta-Ammoniten bei Gleich und mehreren anderen Orten).

L i a s b e t a, dem man lange in Franken fast die Existenz (vgl. Abb. 30) absprechen wollte, obwohl bei Sassen-dorf (Blatt Bamberg N) beta fast 30 m mächtig wird, gliedert sich nach SCHMIDT-KALER & ZEISS in nur 4 Zonen, nämlich:

4. R a r i c o s t a t u m-Zone
3. O x y n o t u m-Zone
2. O b t u s u m-Zone
1. T u r n e r i-Zone.

Die grundlegende Arbeit über beta schuf KRUMBECK (1932), der schon damals alle bekannten Daten zu einem imposanten Gesamt-bild vereinigte und v e r s c h i e d e n e F a z i e s r ä u m e unterschied. Neuerdings wurden immer mehr Ammonitenarten in beta nachgewiesen, vor allem von A. ZEISS (1965). Bekannt ist auch, daß Ammoniten des Lias beta schon in den Arietenschichten vorkommen, woraus die Bildung von Arieten-sandstein-Fazies noch im Lias beta abzuleiten ist. Bemerkens-wert ist auch, daß das tiefe beta in Franken, vor allem in Oberfranken, die größte Mächtigkeit innerhalb von Gesamt-be-ta einnimmt. Im Sendelbachgraben ist Lias beta schon von SCHRÜFER erkannt und als oberer fossilere Schiefer-ton bezeichnet worden (meist rund 2 m). Verf. hat dann später mehrere Fossilien nachgewiesen und darüber die Arieten-sandsteinfazies (bisher mit Sicherheit hier nur eine Bank gegen-über 2 bei Giech) mit "A r i e t i t e s" b u c k l a n d i. Von der B i f e r-Zone ist jetzt keine Rede mehr (vgl. HÖL-DEK 1964), ebenso von P l a n i c o s t a-Zone.

Im L i a s g a m m a schied KRUMBECK (1936) in seiner großen Arbeit folgende Zonen aus:

5. Oberst-gamma (Zwischenschichten)
4. Ober - gamma, D a v o e i-Zone
3. Oberes Mittelgamma, M a u g e n e s t i-Zone
2. Unteres Mittel-gamma, J a m e s o n i-Zone

1. Unter gamma, Armaten-Schichten.

Demgegenüber unterscheiden SCHMIDT-KALER & ZEISS nur

3. D a v o e i-Zone

2. I b e x-Zone

1. J a m e s o n i-Zone

Die drei Leitammoniten konnte ich im Sendelbachgraben bei Bamberg nachweisen, dazu viele Vertreter von *L y t h o c e r a s*, *L i p a r o c e r a s* und zwei Falciferen. Auch die Arten *v a l d a n i*, *m a u g e n e s t i i* fand Verf. dort nebst einigen weiteren, die leider verloren gegangen sind.

Im fränkischen Lias gamma konnte KRUMBECK eine 70 km weit zu verfolgende Randfazies erkennen, sie ist wenig mächtig, aber fossilreicher als die Beckenfazies, in der *P e n t a c r i n u s* noch im ursprünglichen Lebensraum vorkommt. KRUMBECK hat 1936 zweifellos die Zahl der Ammonitenarten viel zu hoch angesetzt, was mit einer sehr subtilen Artenunterscheidung zusammenhängt. Der nüchterner eingestellte P. DORN (1937) stellte fest, daß die Ammoniten-Arten in Frankens gamma arten- und individuenärmer sind als in Schwaben.

*L i a s d e l t a* (Amaltheenten), heute allgemein in *M a r g a r i t a t u s*- und *S p i n a t u s*-Zone (oben) gegliedert, läßt in Franken eine eingehende Untergliederung zu, die ich hier wiedergebe (Abb. 23). Die Fauna ist ziemlich reich, vor allem Muscheln, Schnecken, Foraminiferen. Aus Franken sind bisher mindestens 12 Arten von "*A m a l t h e u s*" aufgeführt worden. Eine sehr artenreiche Kleinf fauna aus der *G i b b o s u s*-Zone des Sendelbachgrabens im Hauptsmoorwald östlich Bamberg beschrieb Verf. *A m a l t h e u s* kommt schon im obersten gamma vor. Ein *A. g i g a s* (*e n g e l h a r d i*)-Lager bei Bamberg ist nur lokal nachgewiesen.

L i a s    e p s i l o n, lithostratigraphisch der auffallendste Horizont in ganz Franken, meist Ölschiefer und Stinkkalkbänke, beginnt basal mit den S i e m e n s i-Knollen, die aber lokal ausfallen, so am Feuermühlenberg bei Scheßlitz und Geisfeld.

SCHMIDT-KALER & ZEISS gliedern Lias epsilon folgendermaßen:

3. B i f r o n s-Zone
2. F a l c i f e r-Zone
1. T e n u i c o s t a t u m-Zone.

Letztere ist in Franken noch nicht belegt, in Schwaben nur angedeutet, weiter westwärts aber entwickelt. Der Dreigliederung oben stelle ich die von KRUMBECK (1943; Abb. 23) gegenüber. Große Bedeutung haben in epsilon L e i t - b ä n k e, vor allem die Monotibank, zuweilen zweigeteilt oder durch die C o m m u n i s-Platte ersetzt. Es handelt sich bei der M o n o t i s p l a t t e (Abb. 8) um eine Schillbank, die nur die gewölbte "Klappe" enthält, während die flachen Deckelklappen von der Strömung weitergetragen wurden. Die Bildung dieser einzigartigen Bank fällt mit einer Regression zusammen, sie wurde beckenwärts in einem flachen, parallel zur Küste verlaufenden Streifen abgelagert. Da viele der L e i t b ä n k e von epsilon durchhalten, wie schon BAADER erkannte, sind sie stratigraphisch sehr brauchbar, vor allem die eigenartige Höckerbank. Eine Neubearbeitung der vielen Ammonitenarten der S i e m e n s i-Knollen ist in Angriff genommen worden. Lias epsilon wurde in Franken durch viele Saurierfunde, meist aus der Umgebung von Banz bekannt. Graf MÜNSTER gab auch eine Schildkröte an, doch fehlt das Original. Die Bifrons-Zone wurde früher auch als C r a s s u m-Zone bezeichnet.

Um einen natürlichen Aufschluß durch einen Teil von Lias epsilon und zeta bei Scheßlitz zu zeigen, gebe ich das Profil von JAHNEL, MÜLLER & TRISCHLER (1969), hier Abb. 24. Aus nächster Nähe beschrieb ich ein Profil vom Feuer-

mühlenberg bei Scheßlitz, wo ein Insektenflügel gefunden wurde (KUHN, Paläontogr. 1952).

Lias epsilon ist in Franken meist nur 5-10 m mächtig, bei ETZEL (nahe Bremen) erreicht epsilon 300 m, ein Hinweis auf die sehr verschieden große Absenkung der Sedimentationsbecken und ihrer Auffüllung. Nähere Angaben siehe im Kapitel über Paläogeographie.

Die von A. BAADER unterschiedenen Leitbänke in Lias epsilon sind folgende:

5. P a r v a - Bank, mit P o s i d o n o m y a b r o n n i, var. p a r v a
4. Kubisch brechende dunkle Bank
3. M o n o t i s - Platte, 2-3 je 9 14 cm starke Bänke
2. Höckerbank
1. Inoceramen Bank

Diese Folge ist noch im Prinzip richtig, doch lautet die Gliederung jetzt etwas anders. Es kommen lokal noch eine K r e b s k a l k b a n k sowie die basal S i e m e n s i i - Knollen hinzu.

L i a s z e t a hat erstmals KRUMBECK systematisch untersucht und 1943 eine zusammenfassende Darstellung gegeben. Sein Schema (Abb. 23) ist hier wiedergegeben. Die Gliederung bei SCHMIDT-KALER & ZEISS umfaßt weniger Zonen, nämlich:

3. L e v e s q u e i - Zone
2. T h o u a r s e n s e - Zone
1. V a r i a b i l i s - Zone.

L i a s z e t a wurde in Franken in einem flachen unruhigen Meer abgelagert, das kommt in der u n r u h i g e n S e d i m e n t a t i o n zum Ausdruck. Im Osten bildet die im Lias und Dogger als Hochgebiet vorhandene (im Malm aber wahrscheinlich überflutete) B ö h m i s c h e M a s s e die Ostküste. Auffallend ist in zeta Frankens der

große Fossilreichtum, vor allem bei Neumarkt, wo die Tone abgebaut werden und die vielen verkiesten Ammoniten ausgelesen werden, da sie beim Brennen der Ziegelsteine zu deren Platzen führen können. Dort konnte ich 1932 gegen 20 Pfund ausgelesene Ammoniten von Ziegeleiarbeitern kaufen. KRUMBECK (1943) nennt aus Lias zeta Frankens 120 Arten von Ammoniten, sicher etwas zu hochgegriffen, da die Artunterscheidung zu subtil durchgeführt wurde. Dasselbe gilt für die 50 Belemniten-Arten von KOLB. Weiter nennt KRUMBECK 25 Muschel-Arten, 15 Gastropoden-Arten, nur 7 Serpel und, höchst auffallend, nur 2 Brachiopoden, sowie 2 Seelilien-Arten. Dazu kommen neuerdings einige Dutzend Foraminiferen und Ostracoden sowie Otolithen.

Im Dogger (Mittlerer Jura, Braunjura) setzt sich zunächst Fazies und Fauna des Lias zeta fort, die Übergänge sind gleitend. ARKELL (Abb. 18) hat leider das alpha und beta umfassende Aalenium fallen gelassen; wir in Franken müssen jedoch an dieser Stufe festhalten, sie wird gegen 150 m mächtig, ist also das Hauptglied des ganzen, ca. 160 m Mächtigkeit erreichenden Doggers. Dogger alpha ist tonig, Dogger beta vorwiegend sandig entwickelt. Basal tritt in alpha Lytoceras torulosum auf, der in Lias zeta sehr nahe Verwandte hat. Auch Vertreter der Aalenensis-Gruppe steigen noch von zeta auf. Im tiefsten alpha kommen bei Kremmeldorf (Blatt Scheßlitz) sehr große Exemplare von Lioceras opalinum vor, flachgedrückt im Ton, mit weißer Schale. Daneben größere Exemplare von Hammatoceras, die an die von P. DORN aus beta beschriebenen Arten erinnern. Daneben viele Kleinformen, Muscheln, Schnecken, Otolithen, Foraminiferen, Korallen. SCHMIDT-KAHLER & ZEISS gliedern den Dogger alpha in zwei Zonen:

2. Comptum Zone
1. Opalinum - Zone.

Nun ist hinzuzufügen, daß der Großteil des Opalinustons in Franken, den man als Dogger alpha 2 bezeichnet, fast fossilärer ist und in Dogger alpha drei offenbar der echte *Lioceeras opalinum* nicht mehr vorkommt, dafür viele andere, meist von BUCKMANN aufgestellte Arten, auf die KRUMBECK und DORN eingegangen sind. Faßt man *L. opalinum* nicht zu eng, dann ist seine Existenz in ganz Dogger alpha anzunehmen. Auch im Dogger beta finden sich stellenweise viele Verwandte aus der *Lioceeras-Ludwigia*-Gruppe, die offenbar auf Franken beschränkt oder doch in Schwaben noch nicht nachgewiesen sind.

*Dogger beta* (Doggersandstein) kann bei uns wegen des seltenen Auftretens von Ammoniten im Gegensatz zu der in NW-Deutschland (besonders Sehnde bei Hannover) durchgeführten Biostratigraphie praktisch nur in zwei Zonen gegliedert werden (wie SCHMIDTILL 1925):

## 2. *Concava* - Zone

1. *Murchisonae* - Zone (mit *Tolutaria* - Subzone bei SCHMIDTILL).

Die *Discites* - Zone wird jetzt zu gamma gestellt.

Über Stratigraphie, Paläogeographie und Flözföhrung des Dogger beta, die im Kapitel 4 behandelt wird, haben besonders v. FREYBERG, HÖRAUF (1950) und SCHRÖDER (1962) gearbeitet. Als erster machte SCHMIDTILL (1925) den Versuch einer umfassenden Gliederung von Dogger beta, der aber nur teilweise gelingen konnte. Er schied die folgenden Leitbänke aus:

## 9. Die *Austernbank*

8. Die *Pseudomonotis* - Bank mit *Pseudomonotis elegans* und lokal mit zahlreichen Gastropoden (obere Gastropoden - Bank).

7. Die Gegend der oberen Knollenbank mit viel *Cypriocardia franconica* und *Leda* sp. cf. *complanata*.
6. Die Gegend der unteren Knollenbank mit *Homomya francojurensis*.
5. Die Gegend des Haupt-Roteisenerzflözses mit viel *Astarte aalensis* und mit einer Faunulabank.
4. Die Quarzitbank mit viel *Gervillia subtortuosa*.
3. Die pseudoolitische, konglomeratische Sandstein-Bank über dem unteren Werkstein mit der oberen Trigonien Bank.
2. Die Hauptmuschelbank mit Pecten-, Pleuromyen-, Tancredien- und Trigonien-Lumaschellen und mit der Ceromyen-Bank.
1. Die Fossilbänke im Liegendsten mit Pecten- (*Amusium*), Ostreen-, Cucullaeen- und Gastropoden-Bänken.

Historisch ist von Interesse, daß GRAF ZU MÜNSTER, damals einer der führenden Paläontologen, Regierungsdirektor in Bayreuth, noch 1827 den Doggerstandstein zum Lias stellen wollte (Oberer Liassandstein, im Gegensatz zum Unteren Liassandstein des Lias alpha), eine Auffassung, die L. v. BUCH (1832) und später OPPEL in seiner Juraformation ablehnte.

Heute zieht man die Discites-Zone zu Dogger gamma und gliedert beta meist rein lithologisch, besonders in Hinblick auf Flözhorizonte, über die im Kapitel 4 näheres ausgeführt ist. Ammoniten sind sehr selten; bei Vierzehnheiligen fand ich auf der Halde nahe des Stollens, der offenbar 1924 noch in Betrieb war, mittelgroße, aber leider nicht sicher bestimmbare Ludwigien sowie eine sehr reiche Ansammlung von kleinen Muscheln, Schnecken, Dentalien, usw., mindestens 16 Arten (*Astarte*, *Actaeonina?*; usw.)

Die Dogger beta-Fauna besteht größtenteils aus Muscheln, SCHMIDTILL gab ihre Artenzahl mit 143 an; dazu mindestens 11 Schnecken, einige Serpeln und Bryozoen, ein Seesternfund sowie eine von HUENE (1922) beschriebene neue Ichthyosaurierart von Banz. Je nach der faziellen Entwicklung von beta sieht die Gliederung oft sehr verschieden aus; ich ziehe, um ein Beispiel aus unserer Gegend zu geben, die beta-Gliederung von Blatt S c h e s s l i t z heran:

14. D i s c i t e s - Schichten (jetzt zu gamma gestellt!)
13. Austernbank
12. Oberer Werksandstein
11. Troschenreuther Bolushorizont
10. Schwartenhorizont mit Oberndorfer Flözhorizont
9. Oberflözhorizont
8. Flözzwischen-schicht mit dem Klausener Flözhorizont
7. Hauptflözhorizont
6. Liegend-schichten des Hauptflözhorizonts
5. Hauptwerksandstein mit Krickelsdorfer Flözhorizont
4. Mürbe Zwischen-schichten
3. Kellersandstein
2. Tiefer Bänderschmitzenton
1. Basissandstein.

Mit D o g g e r g a m m a beginnt das B a j o c i - u m, es reicht von Dogger gamma 1 ( D i s c i t e s - Zone) bis Dogger epsilon 1 (Parkinsonienschichten i.e.S.). Erst darüber beginnt das B a t h o n i u m (Dogger epsilon 2), beide in Franken sehr geringmächtig, zuweilen nur 3 m oder weniger. Es müssen starke Aufarbeitungsvorgänge angenommen werden. Meeresströmungen haben die Sedimente nachträglich oft weitgehend entfernt. KRUMBECK sprach von einem sedimentären Unterernährungsprodukt. Schon in Schwaben wird das Bathonium allein 20 und mehr m mächtig, im Klettgau erreicht es schon 40 m, noch viel mehr in NW-Deutschland.

GÜMBEL hat aus praktischen Gründen das Bajocium und Bathonium als Eisenoolithkalke ausgeschieden und noch heute muß es zuweilen sogar zusammen mit dem Callovium einheitlich auf der Geologischen Karte dargestellt werden. Doch sind lokal die in Rede stehenden Schichten zuweilen recht fossilreich, besonders bei Auerbach, wo SCHMIDTILL umfassende Grabungen vornahm. Unweit Neumarkt konnte ich beim Straßenbau um 1932 in kurzer Zeit einige Dutzend gut erhaltene Parkinsonien finden, die wieder im Bamberger Umland größte Seltenheit darstellen.

SCHMIDT-KALER & ZEISS gliedern die "Eisenoolithkalke" GÜMBELS folgendermaßen:

- V. Oberes Bathonium (Dogger Mittelepsilon = Dogger epsilon 2, Varians-Schichten)
  - 14. Discus-Zone
  - 13. Aspidoides-Zone
  - 12. Retrocostatum-Zone
  - 11. Morrisi-Zone
  - 10. Subcontractum-Zone
  - 9. Progracilis-Zone
- IV. Unteres Bathonium (Dogger Unterepsilon, Epsilon 1, Württembergica-Schichten)
  - 8. Zigzag-Zone
- III. Oberes Bajocium (Dogger Oberdelta bis Unterstepsilon)
  - 7. Parkinsoni-Zone
  - 6. Garantiana-Zone
  - 5. Subfurcatum-Zone
- II. Mittleres Bajocium (Dogger Unterdelta, Stephanoceraten-Schichten)
  - 4. Humphreianum-Zone
- I. Unteres Bajocium (Dogger gamma).

Die beste Übersicht über diesen Doggerabschnitt verdanken wie SCHMIDTILL (1953); nach ihm beginnt in der Umgebung von Staffelstein (aber auch weit darüber hinaus in fast ganz Franken) mit *Dogger delta* eine ganz andere Sedimentation als in gamma. Die Zufuhr von Quarzsanden hört nun auf und es bilden sich fast nur noch mergelig-tonige Gesteine, deren Ooidführung reicher ist als in beta und gamma. Bezeichnend sind oft graue bis graublaue, auch gelblichbraune Mergelkalk mit Ooiden. Doch sind ab delta die Ooide viel größer und zahlreicher als in beta und gamma. Nur sind leider in diesen Gesteinen Leitammoniten sehr selten. Ich habe im Bamberger Umland nicht mehr als 5 Sonninien und ebensoviele Parkinsonien auffinden können. Natürlich habe ich nicht die umfangreichen Grabungen ausgeführt wie C. und P. DORN.

*Dogger gamma*, bei Friesen schon von SCHRÜFER erkannt, später von W. WAAGEN (1867) genauer untersucht, wurde erst durch die Grabungen von C. und P. DORN genauer bekannt. P. DORN (1935) gab folgende Gliederung:

4. *Unter delta*, mit *Dorsetensia romani* und *Witchellia deltafalcata*, dazu noch 3 Arten von *Sonninia*, 5 von *Witchellia* und 5 von *Dorsetensia* (Übergangsbereich zu delta, keine selbständige Zone, wie DORN annahm).
3. *Ober gamma* (*Sauzei Zone*) mit 6 Arten von *Sonninia*, 4 von *Dorsetensia*, 5 von *Witchellia*
2. *Mittel gamma* (*Witchellia pinquiss-Zone*), mit 11 Arten von *Sonninia*, 4 von *Witchellia* und 1 von *Dorsetensia*.
1. *Unter-gamma* (*Sowerbyi Zone*), 18 Arten von *Sonninia*, 1 von *Witchellia*.

Darunter folgt die *D i s c i t e s*-Zone, die DORN noch zu *beta* stellte. Die *P i n q u i s*-Zone ist zu streichen, denn *W i t c h e l l i a* läßt sich im Sinne von DORN nicht aufrecht erhalten. Die *D i s c i t e s*-Zone, bisher der Abschluß von *beta* und ein "Hauptleithorizont" *betas*, wird nun im Anschluß an RIEBER (1963) und SCHMIDT-KALER & ZEISS zu *gamma* gestellt. Diese Zone wird in Franken bis 12 m mächtig, fast rein tonig ausgebildet. Über ihr liegt das *g a m m a - K o n g l o m e r a t*, das jetzt besser *S o w e r b y i K o n g l o m e r a t* zu nennen ist. Dieses und die *D i s c i t e s*-Zone sind öfters in Franken weitgehend oder ganz abgetragen. RIEBER (1963) spricht in Schwaben von einem *S o w e r b y i - D i s c i t e s - O o l i t h* (Abb. 22).

*Dogger gamma* hat in Franken (ohne *D i s c i t e s*-Zone) oft nicht einmal 1 m Mächtigkeit, aber bei Serkendorf stellte SCHMIDTILL (1953) 4,25 m allein für die *S a u z e i*-Zone fest. Hier kommt *S o n n i n i a d e l t a f a l c a t a* vor, aber *S p h a e r o c e r a s s a u z e i* selbst konnte nicht gefunden werden. Auf die Schwellen und Senken in *gamma* gehe ich bei der Paläogeographie ein (Abb. 10a).

SCHMIDT-KALER & ZEISS (1973) haben für *gamma* Frankens folgende drei Zonen vorgeschlagen:

3. *S a u z e i* Zone
2. *S o w e r b y i* Zone
1. *D i s c i t e s* - Zone.

Die vielen von P. DORN beschriebenen Ammonitenarten stammen von wenigen Orten am Westhang der Frankenalb zwischen Bamberg und Ebermannstadt; der Ammonitenreichtum ist nie groß; nur umfangreiche Grabungen konnten eine so reiche Zahl von Arten ergeben.

*D o g g e r d e l t a*, bei SCHMIDT-KALER & ZEISS in

3. *G a r a n t i a n a*-Zone
2. *S u b f u r c a t u m*-Zone
1. *H u m p h r i e s i a n u m*-Zone

gegliedert, findet eine andere Gliederung bei SCHMIDTILL & KRUMBECK (1938). Nämlich:

O b e r - d e l t a : G a r a n t i a n a - u n d S u b -  
 f u r c a t u s - S c h i c h t e n  
 B l a g d e n i - S c h i c h t e n

M i t t e l - d e l t a : O b e r e H u m p h r i e s i a n u s -  
 S c h i c h t e n  
 M i t t l e r e H u m p h r i e s i a n u s -  
 S c h i c h t e n .

U n t e r - d e l t a : U n t e r e H u m p h r i e s i a n u s -  
 S c h i c h t e n .

Die beiden Autoren faßten delta ohne G a r a n t i a n e n - u n d S u b f u r c a t u s - S c h i c h t e n als C o r o n a t e n s c h i c h t e n zusammen, doch erübrigt sich diese Bezeichnung. Diese subtile Gliederung ist eine Konstruktion, die auf Grabungen vor allem bei Auerbach beruht, aber praktisch nicht durchführbar ist, vor allem nicht bei Lohndorf, wo ich jahrelang gesammelt und gegraben habe. Hier kommen einige Nebenformen ( Q u e n s t e d t ' s " H a m i t e n " ) vor, die nicht näher bestimmt wurden. Die besten und größten Stephanoceraten (bis zu 32 cm d) kommen im delta von Auerbach vor, wo Verf. solche erwerben konnte.

D o g g e r e p s i l o n hat Anteil an nicht weniger als 3 großen Stufen, dem Bajocium (Parkinsonien-Schichten, epsilon 1), dem Bathonium (nur von epsilon 2 gebildet), und dem Callovium (ab epsilon 3). Man sieht also, wie sehr verschieden die Mächtigkeit dieser "Etagen" sein kann. Das Bathonium ist aber anderwärts viel mächtiger und zonenreicher als in Franken.

D o g g e r e p s i l o n 1, die Parkinsoniensschichten im engeren Sinne, sind in Franken wenig entwickelt. Trotzdem haben SCHMIDTILL & KRUMBECK (1931) eine Feinstratigraphie durchgeführt, die unhaltbar ist (Abb. 25). Ich verweise auf die Darstellung von P. DORN (Abb. 26), der über

der Subfurcatenzone direkt die Parkinsonien-Schichten folgen läßt, die als Unter-epsilon (epsilon 1) zu bezeichnen sind. Sie gehören nach HÖLDER noch dem Bajocium an. Einige Arten reichen noch nach delta herab, einige in die F u s c a - W ü r t t e m b e r g i c a - Zone (Dogger epsilon 2) hinauf (die einzige Zone, die P. DORN zwischen Parkinsonien-Schichten und Callovium anerkennt). Das beruht auf langer Erfahrung, während SCHMIDTILL & KRUMBECK (1931) zuviel am Schreibtisch konstruiert haben.

Eine sehr ergiebige Fundstelle von Riesenbelemniten fand ich in der Flurabteilung Eichich oberhalb Lohndorf (am Stammerghang). Hier kommen mehrere Arten (KUHN 1955) in den Parkinsonien-Schichten vor, Parkinsonien sind aber sehr selten. Die Belemniten liegen in den Zwischentonen zwischen den Mergelkalkbänken. Sie tragen z.T. mehrere Generationen von Epöken übereinander, so in einem Falle Muscheln, Serpeln und Bryozoen. Viele der Rostren sind voller Bohrlöcher und die Spitzen sind korrodiert.

D o g g e r e p s i l o n 2, in Franken das B a t h o n i u m darstellend, wird von SCHMIDT-KALER & ZEISS in zahlreiche Zonen aufgegliedert, doch handelt es sich hier um eine Standartgliederung, die man in Franken nicht durchführen kann, da hier die Fossilarmut (Leitammoniten !) zu groß ist. Abb. 26 zeigt ja, wie schon ausgeführt wurde, daß nach P. DORN das ganze Bathonium nur von der F u s c a - W ü r t t e m b e r g i c a - Zone repräsentiert wird; praktisch kann man im Gelände keine weiteren Zonen auseinanderhalten.

Ein Sonderfall sind die seltenen Ammonitenfunde, die ARKELL (1951) von Schwandorf beschrieben hat. Sie gehören dem mittleren Bathonium an. Im Bathonium fand ich auch noch einige unbestimmbare, an S p h a e r o c e r a s erinnernde Arten, sowie B i g o t i t e s, T u l i t e s und

"Perisphincten", die nicht näher bestimmbar waren.

Der schon genannte Fundort Schwandorf (ARKELL 1951) lieferte Leitformen aus der P r o g r a c i l i s - und S u b c o n t r a c t u s - Zone, die wir als Zone 9 und 10 schon bei der Gliederung von SCHMIDT-KALER & ZEISS kennengelernt haben. Bemerkte sei noch, daß bei Thalmässing ziemlich viele Proceriten vorkommen. R h y n c h o n e l l a v a r i a n s ist im wesentlichen auf das Obere Bathonium beschränkt, ohne daß eine Ausscheidung der V a r i a n s - Zone möglich wäre.

D o g g e r e p s i l o n 3, die M a c r o c e p h a l u s - Zone, leitet das Callovium ein, das mit der L a m b e r t i - Zone (Dogger zeta 4) endet. Darüber folgt die tiefste Zone des Weißjura, die M a r i a e - Zone. Die dunkle, tonig-mergelige Serie erreicht fast 30 m Mächtigkeit, das Maximum liegt bei Staffelstein. An der Unter- und Obergrenze finden sich b i o t u r b a t e Z o n e n. Am W- und N Rand der Alb finden sich basal oolithische Phosphoritknollen oder ooidfreie Phosphoritknollen, die zahlreiche Kepleriten enthalten. Parkinsonien reichen noch in das tiefste epsilon 3 hinauf (Abb. 26). Das Callovium endet mit einer bioturbaten Serie. Besonders im W der Alb sind die höheren Zonen (oberhalb der J a s o n - Zone) kaum vorhanden, doch geht aus manchen Beobachtungen hervor, daß auch dort das obere Callovium abgelagert wurde, später aber Meeresströmungen zum Opfer fiel. Die "G e r ö l l z o n e" REUTER'S wurde von diesem fehlgedeutet. Es handelt sich nicht um Gerölle, sondern Phosphoritkonkretionen, aus denen vielfach noch große Teile des Ammoniten unversehr herausragen. Wären diese Gebilde abgerollt, dann müßten auch die umschlossenen Ammoniten abgerollt worden sein.

Am W-Rand der Alb nimmt die M a c r o c e p h a l u s - Zone 3/4 des ganzen Colloviums ein, nach Osten hin ist es

umgekehrt. Ebenso nach Süden; bei Neumarkt (Opf.) ist die *Macrocephalus*-Zone nur bis 1,2 m mächtig, das ganze Callovium 2-4 m (DORN). Man vergleiche die Längsprofile Abb. 13 a-b!

L. REUTER (1908) hat im Callovium Frankens drei Faziesbereiche unterschieden, von denen die mit *pyritischen Ammoniten* die weitaus verbreitetste ist. Im allgemeinen hat sich gezeigt, daß REUTER'S Angaben über die Faziesverbreitung stimmen, aber die Größe der Ammoniten steht nicht in so gesetzmäßigem Verhältnis zur Fazies, wie REUTER annahm. Oft findet man "Goldschnecken", um die herum noch der übrige Gehäuseteil im Abdruck auf den Mergelschiefern zu finden ist. Der *d* solcher Ammoniten betrug also nicht etwa nur 2, sondern 12 und mehr cm.

Das Callovium ist in Franken durch die reichste und besterhaltene Ammonitenfauna ausgezeichnet, die man hier kennt. Ich schätze, daß auf Grund der vielen umfangreichen Stollengrabungen bei Ützing mindestens 250 Arten vorliegen (vorläufige Beschreibung dieser bei KUHN 1939). Nebenformen sind nur wenige bekannt, m.W. nur *Parapateras* und *Acuarieras* (vgl. SCHINDEWOLF 1963).

Die Mächtigkeit der einzelnen Zonen unterliegt großen Schwankungen, so hat MODEL (1938) die *Lamberti* Zone von Trockau als fossilreiches, 3,90 m mächtiges Schichtpaket beschrieben.

Die Biostratigraphie ist eine schwierige Sache, so hat z.B. GREIF, der unter Leitung von POMPECKJ die Goldschnecken von Ützing beschrieb, festgestellt, daß dort eine Gliederung nicht möglich sei. Verf. konnte bei Tiefenellern zeigen, daß hier *Macrocephalites macrocephalus*, *Keppli calloviensis*, *Kosmoceras jason*, die drei besondere Zonen charakterisieren sollen, zusammen leben. Bei Staffelstein kommen in der *Jason*-Zone schon Kosmoceraten mit sehr plumper Skulptur vor, die an *K. castor* erinnert.

In der Mischzone von Tiefenellern, die soeben erwähnt wurde, kamen auch die riesigen Macrocephalen vor, die noch unbeschrieben sind (im Naturkundemuseum Bamberg). Leider hat WANNENWETSCH zwar die süddeutschen Macrocephalen bearbeitet, aber seine 1958 eingereichte Dissertation (Tübingen) wurde bisher noch nicht gedruckt. Er bestätigte mir, daß Franken und Indien gemeinsame Arten dieser Gattung besitzen.

L. REUTER (1908) gliederte das Callovium noch in 4 Zonen:

5. T r a n s v e r s a r i u s-Zone (schon Weißjura)
4. O r n a t u m-Zone
3. C a s t o r - P o l l u x-Zone
2. J a s o n-Zone
1. M a c r o c e p h a l u s-Zone.

Später wurde die Gliederung verfeinert, vor allem durch MODEL und KUHN, worüber HÖLDER (1964) genaue Angaben mit Verbesserungsvorschlägen gibt, ebenso SCHMIDTILL (1953).

Bei Staffelstein, wo Dogger gamma bis zeta durch viele Bohrungen ausgezeichnet bekannt ist (SCHMIDTILL 1953), ließ sich folgende Gliederung feststellen:

3. C a s t o r - P o l l u x - Zone (mit ?)
2. J a s o n-Zone
1. M a c r o c e p h a l e n-Schichten

c. Obere Macro.-Sch., = C a l l o v i e n s i s-Zone  
M o d e l ' s p a r t.

b. Mittlere Macro.-Sch., G o w e r i a n u s-Lager  
D o r n ' s

a. Untere Macro.-Sch.; unten mit dem Lager der phosphorischen Knollen.

Das Ützingium M o d e l ' s ist unhaltbar; die E n o d a t u s-Zone, das O b d u c t u s-Lager, P r o p l a n u l i t e n-Lager und P a r a p a t o c e r a s-Lager (oft 2 übereinander) haben offenbar nur lokale Bedeutung.

SCHMIDT-KALER & ZEISS haben folgende Standardgliederung des Calloviums gegeben (1973):

- III. Oberes Callovium (Dogger Oberzeta, Obere Ornatentone)
  - 6. L a m b e r t i-Zone (zeta 4)
  - 5. A t h l e t a-Zone (zeta3)
- II. Mittleres Callovium (Dogger Unterzeta, Untere Ornatentone)
  - 4. C o r o n a t u m-Zone (C a s t o r - P o l l u x-Zone, zeta 2)
  - 3. J a s o n-Zone (zeta 1)
- I. Unteres Callovium (Dogger Oberepsilon, Macrocephalitentenschichten)
  - 2. C a l l o v i e n s i s-Zone (epsilon 4)
  - 1. M a c r o c e p h a l u s-Zone (epsilon 3).

Gehen wir nun zum O b. J u r a über, so fällt auf, daß viele früher allgemein gebrauchte Zonen heute nicht mehr verwendet werden, das gilt für die:

L i t h o g r a p h i c a - Zone  
 B e c k e r i - Zone  
 S i m i l i s Zone  
 T e n u i l o b a t u s - Zone  
 D e n t a t a - Zone  
 P s e u d o m u t a b l i l i s Zone  
 A l t e r n a n s Zone  
 T r a n s v e r s a r i u s Zone

Es ist hier noch Vieles in Fluß, besonders im Tithon; auch die Gliederung des Malm beta läßt noch zu wünschen übrig (Abb. 27).

M a l m a l p h a zerfällt in zwei ungleiche Teile, Unter- und Ober - alpha, letzteres als A l t e r n a n s-

Zone bezeichnet, was aber heute abgelehnt wird.

Für Malm Unter-alpha gibt es keine paläontologische Bezeichnung. Als erste haben C. DORN und später P. DORN (1930) Unter-alpha in Franken besonders im Gebiet Bamberg-Erlangen genau untersucht und eine sehr reiche Ammonitenfauna beschrieben. P. DORN unterschied 1930:

3. Zone des *Peltoceras hypselum* und *P. uhligi*
2. Zone des *Peltoceras transversarium*, der aber in der schon GÜMBEL bekannten Marmorkalkbank nicht gefunden wurde.
1. Zone des *Aperarmatum* (bzw. *biarmatum*), sehr glaukonitreich, meist Knollenkalke; mit *Perisphinctes martelli*, usw.

Dieser Gliederung stellen SCHMIDT-KALER & ZEISS folgendes Schema gegenüber:

M a l m   a l p h a (Unt. Oxford)

6. *Bimammatum* - Zone
5. *Berrense* - Zone
4. *Bifurcatus* - Zone
3. *Plicatilis* - Zone
2. *Cordatum* - Zone
1. *Mariae* - Zone

Bis auf die Zone 5 - 6 sind die tieferen (1-4) nur selten aufgeschlossen und außer in Bohrkernen kaum nachweisbar. DORNS Zone 1 (GÜMBELS Glaukonitschicht) stellt nicht die Grenze zwischen Dogger und Malm dar, vielmehr liegen darunter noch weitere Malm-Schichten, die bisher der Beobachtung meist entgangen sind. Sehr bezeichnend sind die von A. ZEISS (1955) "Glaukonitsandmergel" genannten Ablagerungen, oben und unten von bioturbaten Zonen begrenzt.

Daß die *Mariae*- und *Cordatum*-Zone in

Franken weiter verbreitet ist, als man bisher annahm und sogar Subzonen unterschieden werden können, zeigen neuere Beobachtungen, vor allem A. ZEISS auf Blatt Scheßlitz (Würgau). E. WEBER konnte ebenfalls aus diesem tiefsten Malmbereich verschiedene Subzonen nachweisen (außerhalb Frankens, in der Bohrung Scherstetten bei Augsburg).

Im Oberen Jura (Weißjura, Malm) schieden (von alpha ist in dieser Liste abgesehen) SCHMIDT-KALER & ZEISS (1973) folgende Zonen aus, wobei die jüngste deutsche Jurabildung, der S e r p u l i t, noch nicht berücksichtigt ist, da er nur in einer Bohrung in Oberbayern direkt auf dem Vindelizischen Rücken aufliegend, nachgewiesen wurde. Die Malm-zeta-Forschung lag lange im argen, erst SCHNEID hat 1914 die in Schwaben nicht mehr vorhandenen N e u b u r g e r S c h i c h t e n entdeckt und nach ihm haben zunächst A. ROLL, dann viele andere Forscher sich mit Malm zeta beschäftigt, ohne daß diese Forschungen schon abgeschlossen wären.

### III. T i t h o n

#### M a l m z e t a

27. P a l m a t u s - Zone
26. C i l i a t a - Zone
25. P a l a t i n u m Zone
24. V i m i n e u s Zone
23. P a r v i n o d o s u m - Zone
22. T r i p l i c a t u s - Zone
21. T a g m e r s h e i m e n s e Zone
20. M o e r n s h e i m e n s i s Zone
19. R u e p p e l l i a n u s Zone (= Unt. und Ob. Solnhofener Schichten)
18. R i e d e n s e Zone

### II. K i m m e r i d g e

## M a l m   e p s i l o n (Ob. Kimmeridge)

- 17. S e t a t u s    Zone
- 16. S u b e u m e l a - Zone
- 15. P e d i n o p l e u r a - Zone

M a l m    d e l t a (Mitt. Kimmeridge, A u l a c o s t e -  
p h a n u s - Stufe)

- 14. E u d o x u s - Zone
- 13. E u l e p i d u s - Zone

## M a l m    g a m m a (Unt. Kimmeridge)

- 12. B a l d e r u m - Zone
- 11. D i v i s u m - Zone
- 10. H y p s e l o c y c l u m - Zone
- 9. P l a t y n o t a - Zone

## I.        O x f o r d

## M a l m    b e t a (Ob. Oxford)

- 8. G a l a r - Zone
- 7. P l a n u l a - Zone

Über die B i m a m m a t u m- und B e r r e n s e -  
Z o n e sowie Malm beta und gamma siehe die Gliederung von  
SCHMIDT-KALER (Abb. 27), die zeigt, daß das Idealschema noch  
nicht gefunden ist, da sich Lücken zwischen mehreren Leit-  
fossilien befinden. Ganz anders sieht übrigens die Gliede-  
rung von Malm alpha und beta für NW-Deutschland aus, die  
H. SALFELD vorschlug.

Sehr schwierig ist beta zu gliedern, der "Werkkalk", des-  
sen Fazies z.T. weit nach alpha hinabreicht. Er ist fossil-  
arm und die Kalksteinbänke kaum aufzuarbeiten; man ist hier  
weitgehend auf die Sammeltätigkeit der Steinbrucharbeiter  
angewiesen.

Zwischen P l a n u l a- und G a l a r - Z o n e klafft  
immer noch eine Lücke, die nicht unerheblich ist. Übrigens

scheint *I d o c e r a s* aus dem mexikanischen Jurabereich zugewandert zu sein, während *S u t n e r i a* ebenfalls *m e h r f a c h* zugewandert sein dürfte, aber aus anderer Richtung, sicher nicht aus NW-Deutschland oder der borealen Provinz.

Sehr artenreiche Perisphinctaceen aus Malm beta und gamma bei Bamberg hat SCHNEID (1939-1944) in der Paläontographica beschrieben, besonders Ringsteadien, Rasenien, Pictonien und Ataxioceraten. Das Material stammt größtenteils aus den großen Steinbrüchen des Bamberger Umlands, vor allem von Tiefenellern, wo es Steinbrecher gesammelt haben. An erster Stelle ist Gg. ENGERT zu nennen, der auch durch seine ersten Grabungen in der *J u n g f e r n h ö h l e* bei *T i e f e n e l l e r n* die umfassende Ausgrabung dieser bedeutenden neolithischen Fundstätte in Bayern veranlaßt hat (1945 begonnen).

Interessant ist ein Blick auf Abb. 21 und 27. Hier ist die vertikale Verbreitung der wichtigsten Ammonitengenera in Malm alpha bis delta zusammengestellt. Beide Schemen stimmen nicht ganz überein. Von einer kombiniert-kontinuierlichen Zonenfolge kann leider noch keine Rede sein; vielleicht läßt sich beta einmal an Hand typischer Persisphincten gliedern.

In *M a l m g a m m a* unterscheidet man z.Z. 4 Zonen. Von diesen ist *g a m m a 1* am fossilreichsten, vor allem die *W ü r g a u e r S c h i c h t e n*, die schon GÜMBEL und SCHRÜFER (1861) erkannten. *S u t n e r i a* ist ein gut kenntliches Leitfossil, das lokal massenhaft auftritt. Bei Tiefenellern und Würgau sammelte ich mehrere hundert Exemplare. Vielleicht kommt diese Art sogar schon im obersten beta vor. In den "Lingulatenschichten" (Würgauer Schichten) findet sich eine reiche Fauna, vor allem bei Tiefenellern, die ich incl. der Mikrofossilien auf 130 Arten veranschlage. Schwämme sind sehr häufig, desgleichen Brachiopoden. Hier treten auch schon die ersten Ataxioceraten auf.

In  $\gamma$  1 zwischen Tiefenellern und Würgau wurden die drei von *Cymaceras* bekannten Arten nachgewiesen, zwei davon waren neu und sind durch jeweils 1 Stück belegt, hingegen ist *Cymaceras gümbelii* Oppel zuweilen in Jugendexemplaren sehr häufig. Über die  $\gamma$ - $\delta$  Grenze siehe ZEISS (1964) und spätere Bemerkungen in den Erläuterungen zur Geolog. Karte 1:25 000,

*Malm delta*, dessen Gliederung noch viel zu wünschen übrig läßt, ist vor allem durch den Treuchlinger Marmor bekannt geworden, der neuerdings genau untersucht wurde; er enthält über 100 Arten (BANTZ 1970). In Nordfranken ist *delta* meist dolomitisch ausgebildet. Fast ganz dolomitisch entwickelt ist in Nordfranken *Malm epsilon*; GÜMBEL nannte diese Stufe *Frankendolomit*, doch zeigten schon PFAFF, v. AMMON und später besonders P. DORN, daß der Frankendolomit keine stratigraphische Einheit ist, sondern durch absteigende Magnesiumlösungen (Metasomatose) entstand, die vielfach an den Mergelschichten von  $\gamma$  gestoppt wurden. An der Würgauer Steige reicht die Dolomitisierung bis *Malm beta* herab. Im N der Alb sind den Dolomiten von *epsilon* zuweilen *kalkige Bänke* eingeschaltet, in denen ich, was mehrfach bestritten wurde (da man neuere Funde nicht gemacht hat), bei Kasendorf (Blatt Thurnau) *Sutneria subeumela* und verschiedene Perisphinctiden, vermutlich auch *Hybonoticerias* (*Waagenia*) nachweisen konnte. Als ich 1945-1950 das Naturkunde-Museum in Bamberg leitete, die paläontologische Sammlung neu aufstellte und durch viele eigene Funde bereicherte, fand ich, daß schon TH. SCHNEID bei Kasendorf *S. subeumela* gefunden hatte (Belege im Museum Bamberg). So hat SCHNEID zwar die Priorität, aber leider erfolgte keine Publikation.

Im Jahre 1935 entdeckte ich bei Hollfeld im Dolomit kleine, verkümmert wirkende Exemplare von *Diceras*. Da man damals den *Diceras*-Kalk von Kelheim, den M. SCHLOSSER bearbeitet hat, meist in Malm zeta stellte, nahm ich auch für den Hollfelder *Dicerasdolomit* Malm zeta an, schon in Hinblick auf die Wanderung, die die dortigen Vollformen nach N unter Größenabnahme durchführen mußten. Die Kartierung von Blatt Hollfeld ergab, daß dieser Horizont in die delta-epsilon-Grenzregion gehört. Es sind nun auch *Neria* und andere bezeichnende Funde gemacht worden. Der Diceraskalk selbst wurde schon auf S.114 erwähnt, er reicht in den mittleren Weißjura hinab.

Sog. *Tithonrelikte*, zuerst von KRUMBECK, säter vor allem von ROLL und P. DORN beschrieben, sind nicht sicher einzureihen, da Leitammoniten fehlen. Dasselbe gilt für den *Krebscherenkalk*, der besonders bei Wattendorf verbreitet ist. Es liegen zuweilen dicke Bankkalke in Dolomitmulden vor, doch fand man bisher an den zahlreichen Stellen, wo er nachgewiesen werden konnte, keine Leitammoniten, aber verschiedentlich Reste *decapoder* *Krebse*, die schon GÜMBEL veranlaßte, diese Bildung in Malm zeta zu stellen, worin ihm fast allgemein beigestimmt wird.

Jedenfalls muß man ZEISS (1968) zustimmen, daß Malm zeta bisher auf der nördlichen Frankenalb nicht sicher nachgewiesen ist. Man kennt zeta mit Sicherheit nur in der südlichen Frankenalb sowie im Gebiet des Parsberg-Kelheimer Riffzuges. Das Ries stellt gegenüber Württemberg eine deutliche Faziesgrenze dar. In Württemberg selbst ist nur frühes Tithon erhalten geblieben, während in Südfranken die Neuburger Schichten die letzte von 10 im Malm zeta ausgeschiedenen Zonen darstellen. Bei Bohrungen fand man in Oberbayern sogar noch Serpulit, der direkt dem Vindelizischen Festland aufliegt.

Auf Malm zeta gehe ich hier nicht weiter ein, da die Forschungen noch längst nicht abgeschlossen sind, Ich selbst habe in diesem Gebiet nicht selbst gearbeitet, von häufigen Besuchen in den vielen Steinbrüchen Eichstätts abgesehen, die dem Sammeln von Fossilien und geologischen Beobachtungen dienten. So stellte Verf. ein Verzeichnis aller bis 1960 bekannt gewordenen Arten sowie der gesamten, bis dahin publizierten Literatur her (KUHN, Geol. Bavar., 48, 1961). In der Neuen Brehmbücherei erschien 1977 die 5. Auflage der Tierwelt des Solnhofener Schiefers (mit einigen hundert Abbildungen). Der Name Solnhofener Schiefer, heute meist durch Plattenkalk ersetzt, hat die Priorität, man sprach früher meist von "Lithographieschiefer". Ich verstehe unter Solnhofener Schiefer die Solnhofener Schichten ohne Massenfazies, in der die klassische Tierwelt gefunden wurde (darunter jetzt schon 6 Hinweise auf Archaeopteryx). Schon im Jahre 1840 hat GRAF MÜNSTER die Zahl der Tierarten aus dem Solnhofener Schiefer mit 419 angegeben, doch befinden sich darunter viele Synonyme. Heute dürfte unter Berücksichtigung der Kleinfossilien die Zahl der Arten auf 600 veranschlagt werden.

Heute steht entgegen der früher vertretenen äolischen Entstehung, die Großflutentheorie und der Abwechslung von Trockenlegung und Überflutung in der Lagune fest, daß diese dauernd von Wasser bedeckt war, wenn auch randlich gelegentlich Trockenlegungen stattgefunden haben mögen. Wer unvoreingenommen vor einem Aufschluß in diesen Schichten steht, wundert sich, wie man bei der gleichmäßigen Ausbildung des Gesteins auf so absurde Entstehungstheorien kommen konnte und BARTHEL war der erste, der zeigte, daß alle für Trockenlegung herangezogenen Beweise auch für Dauerbedeckung durch Wasser sprechen. Das bekannte Strudelloch eines Insekts (J. WALTHER) hat er als eine Zufallsbildung entlarvt. Über

dem im Flinz eingebetteten Gestein ist durch Frosteinwirkung ein flaches trichterförmiges Stück abgesprungen. Es ist unverständlich, daß J. WALTHER das nicht erkannt hat.

Dickere kalkige F l i n z e und sehr dünne, tonige Lagen, sog. F ä u l e n, wechseln regelmäßig in den Brüchen oberhalb Eichstätt und anderwärts ab, wo die Flinze bis 30 cm Dicke und mehr erreichen (Gegend von Solnhofen). Dieser stete Wechsel Fäule - Flinz ist wohl durch eine klimatische Periodizität zu erklären. Man denke an die Überlegungen von ROTHPLETZ und POMPECKJ!

Schwieriger ist die Tatsache, daß die Fossilien fast stets auf der U n t e r s e i t e d e r F l i n z e liegen. Ich nehme an, daß die Bewohner der Lagune periodisch, etwa mit Beginn der Fäulenbildung, abgestorben sind, um bald wieder aus der Tethys neu einzuwandern. Die eigentlichen Ursachen kennt man noch nicht, doch ist zu hoffen, daß in einer bald zu erwartenden großen Abhandlung über diese Probleme dieses Rätsel gelöst wird. Reiches benthonisches Leben war vorhanden, vor allem Foraminiferen.

Gegen die Trockenlegungs- bzw. Überflutungstheorie spricht schon die gleichmäßige Ausbildung der Schichten, das F e h l e n v o n W e l l e n m a r k e n und T r o c k e n r i s s e n. Ein großes Problem harret noch der Lösung. Woher kommen die vielen Wirbeltiere und andere Tierformen? Wenn sie auch im allgemeinen nur sehr selten gefunden werden, so muß doch darauf hingewiesen werden, daß man im übrigen Malm Frankens fast gar keine Wirbelreste findet. Bei meinen jahrzehntelangen Aufsammlungen kamen im Malm alpha bis delta Frankens 20 isolierte Haizähne, 5 Ganoidschuppen, ein Pterosaurier-Sternum, ein Schildkrötenpanzer von Drügendorf und ein Krokodilrostrum mit wenigen Zähnen aus dem Werkkalk von Vierzehnheiligen zum Vorschein.

Wie das zu erklären ist, ist eine sehr schwierige Frage. Sollten denn im Malm alpha bis delta in Franken fast gar keine Wirbeltiere gelebt haben? Man sollte doch bei dem sonst so großen Fossilreichtum annehmen, daß wenigstens einmal ein kleiner Fisch zum Vorschein käme. Neuerdings wurden einige Otolithen gesammelt. Jedenfalls muß der Reichtum an Wirbeltieren im Solnhofener Becken mindestens 30 mal so groß gewesen sein als im übrigen Malm. In den Abraumhalden des Solnhofener Schiefers findet man immerhin öfters kleinere Wirbeltierreste, Schuppen von Ganoïden, kleine *Leptolepis* oder größere Actinopterygier, z.T. sogar ganze Skelette, die die Arbeiter übersehen haben. Das ist im übrigen Malm nicht der Fall.

Die Sedimentation muß nach dem Absterben der Tierwelt der Lagune sehr rasch erfolgt sein. Dieses Massensterben wurde offenbar durch die Tontrübe bewirkt, aus denen sich die Fäulen bildeten oder es war zu hohe Wassertemperatur oder hohe Salzkonzentration die Ursache des Sterbens. Bald stellten sich danach wieder Tiere ein, die meist an der Basis der Flinze eingebettet sind. Deren Sedimentation erfolgte sehr rasch; so hat O. ABEL einen Tintenfisch beschrieben, über dem sich die Kalkschicht so rasch absetzte und eine so zähe Lage bildete, daß die *Verwesungsgassegewaltsam* durch einen *Spratzgang* abzogen. Auch das bestens erhaltene Geäder von Insektenflügeln spricht für rasche Sedimentation. Aufrecht stehende Gehäuse von *Aspidoceras* wurden ebenfalls sehr rasch von Kalkschlamm eingehüllt, auch wenn man annimmt, daß sie beim Niedersinken auf den Meeresboden tief in das noch lockere Sediment eindrangen, eine Vorstellung, die sich aber nicht mit den luftgefüllten Gaskammern verträgt.

## L i t e r a t u r

(Vollständiges Verzeichnis in B. v. FREYBERG,  
Geol. Bavar., 1974)

- AMMON, L.v.: Die Versteinerungen des fränkischen Lias.  
In GÜMBEL: Frankenjura 1891 (S. 678-708).
- ARKELL, W. J.: Ammonoidea, 490 S., 558 Abb.; in MOORE, R.C.,  
Treatise on Invertebrate Paleontology, 1957.
- BEURLÉN, K.: Erd- und Lebensgeschichte. 462 S., 227 Abb.,  
29 Tab. Leipzig 1939.  
Die paläogeographische Entwicklung des süd-  
atlantischen Ozeans. 36 S., 8 Abb., Nova  
Acta Leopold., 24, 154. Leipzig 1961.
- DACQUÈ, E.: Grundlagen und Methoden der Paläogeographie.  
Jena 1915  
Vergleichende biologische Formenkunde der  
fossilen Niederen Tiere. Berlin 1921.  
Die Erdzeitalter. 565 S. München 1930  
Die Wirbellosen des Jura. In Leitfossilien.  
Lief. J. (ed. G. GÜRICH) 2 Bände, Berlin 1934.  
Organische Morphologie und Paläontologie,  
476 S. Berlin 1935.
- DIENER, K.: Grundzüge der Biostratigraphie. Leipzig 1925.
- FREYBERG, B.v.: Das Geologische Schrifttum von Nordost-Bayern  
(1476 - 1965). Teil 1, Bibliographie.- Geo-  
logica Bavarica, 70, München 1974, 467 S.,  
9323 Titel. Teil 2, Biographisches Autoren-  
Register.- Ibid. 71, 177 S., München 1974.

- GÜMBEL, C.W.v.: Der Frankenjura. In: Geognostische Beschreibung von Bayern, Teil 4 (1891).
- HÖLDER, H.: Der Jura.-Handbuch der stratigraphischen Geologie, 4, 603 S., 158 Abb. Stuttgart 1964.
- KUHN, O.: Paläogeographie des deutschen Jura. 74 S., 34 Abb. Jena 1953.
- Die Tierwelt des Solnhofener Schiefers. 5. Aufl., Neue Brehmbücherei. Wittenberg-Lutherstadt 1977.
- LEHMANN, U.: Ammoniten, ihr Leben und ihre Umwelt. 172 S., 143 Abb. Stuttgart 1976.
- ROLL, A.: Form, Bau und Entstehung der Schwammstotzen im süddeutschen Malm.- Paläont. Z., 1 6, S. 197 - 246. Stuttgart 1934.
- POMPECKJ, J.F.: Die Bedeutung des schwäbischen Jura für die Erdgeschichte. 64 S. Tübingen 1914.
- QUENSTEDT, F.A.: Der Jura mit 100 Taf. Tübingen 1857.
- SCHINDEWOLF, O.H.: Grundfragen der Paläontologie.-Stuttgart 1950.
- SCHLOSSER, M.: Die Fauna des Lias und Dogger in Franken und der Oberpfalz.-Z. deutsch. Geol. Ges., 5 3. Berlin 1901.
- SCHMIDT-KALER, H.  
& ZEISS, A.: Die Juragliederung in Süddeutschland. Geologica Bavarica, 67, 155 - 161. München 1973.
- SCHWARZBACH, M.: Das Klima der Vorzeit. 2. Aufl., 275 S., 134, Abb. Stuttgart 1961.

- WAGNER, Gg.: Einführung in die Erd- und Landschafts-  
geschichte. 3. Aufl., 694 S., 591 Abb.  
Öhringen 1960.
- ZIEGLER, B.: Einführung in die Paläobiologie. 1. All-  
gemeine Paläontologie. 2. Aufl., 248 S., 249  
Abb. Stuttgart 1975.

- A b b. 1. Die marinen Reiche des Jura mit der mediterran verlaufenden Tethys und der von ihr abgegliederten mediterranen, himalayischen und andinen Provinz und dem borealen Reich. Der Atlantik existierte noch nicht. Verbreitung der heute nur tropisch vorkommenden Farngruppe Mattoniaceen punktiert. Nach V. UHLIG und M. HIRMER, aus BRINKMANN.
- A b b. 2. Weißjura (links) und Braunjura (rechts) in Deutschland und angrenzenden Gebieten. Nach K. BEURLEN 1939. Der Braune Jura in Deutschland. Linie mit Horizontalschraffung. Küstenlinie im unteren Dogger, Vindelizisches Land und Nord-Süd-Verbindungen des Meeres noch vorhanden. Punktierte Flächen: Sandige küstennahe Ablagerungen im unteren Dogger. Linie mit Vertikalschraffung: Küstenlinie im oberen Dogger. Die Nord-Süd-Verbindung durch die Heraushebung der mitteldeutschen Schwelle unterbrochen, das vindelizische Land überflutet, im Norden Heraushebung des cimbrischen Landes. Kreise: Sandige Ablagerungen südlich des cimbrischen Landes. Der Weiße Jura (Malm) in Deutschland. Linie mit schrägen Schraffen: Meeresküste im unteren und mittleren Malm. Punktierte Fläche: Sandige Entwicklung südlich des cimbrischen Landes. Horizontal gestrichelt: Meer im oberen Malm (Erweiterung der mitteldeutschen Schwelle, Meeresrückzug nach NW und S Überflutung des cimbrischen Landes.
- A b b. 3. O b e n: Paläogeographie des Lias epsilon. Unten: Paläogeographie des Unterlias. Ob. Abb.: schräg schraffiert Abtragungsgebiete, punktiert Sandfazies, in Ostdeutschland z.T. festländisch, waagrecht schraffiert Ölschieferfazies, senkrecht schraffiert Kalk. Nach Gg. WAGNER 1960.

- A b b. 3a. O b e n: Die Hessische Straße im Lias alpha 1 a. Nach JÜNGST 1927. Unten: Gliederung des Lias alpha 1 2 in Nordwestdeutschland und Nordwesteuropa. Nach DONOVAN 1961 und W. LANGE.
- A b b. 4. Paläogeographie des Lias alpha 2 in SE-Bayern. Nach VIOHL 1969.
- A b b. 5. Paläogeographie des Lias alpha 3 in Südfranken. Nach VIOHL 1969.
- A b b. 6. Paläogeographie des Lias gamma und elta; die gerasterten Pfeile geben die vermuteten Einwanderungswege der Ammonitengruppe der Falci-feren an. Land horizontale Striche. Mittel-deutsche Straße (durch 4 Striche gesperrt) da-mals wohl nicht gangbar. Nach R. FISCHER 1975.
- A b b. 7. O b e n:  
Paläogeographie des epikontinentalen Lias in Europa nördlich der Alpen. Nach HALLAM 1961.  
U n t e n:  
Paläogeographie des Lias epsilon; vgl. Abb. 3 oben. Nach P. DORN.
- A b b. 8. Verbreitung der Monotisbank in Franken und Schwaben. Man beachte die Anordnung der Schillbank parallel zur Küstenlinie (Böhmische Masse). Nach F. BIRZER.
- A b b. 9. Paläogeographie des Dogger beta in Süddeutschland. Nach F. WERNER 1959.
- A b b. 10. Dogger-Ausbiß (horizontal schraffiert) und Paläogeographie seiner Beta-Eisenerze (andere Schraffuren) im Nördlichen Frankenjura. Die Mächtigkeitkurven beziehen sich auf die Schichten zwischen den Untergrenzen von Hauptflöz und D i s c i t e s Ton. Besonders das Hauptflöz zeigt sich

an Senkungsgebiete mächtiger Ton-Sedimentation (Pegnitz, Auerbach, Hersbruck, Hahnenkamm im SW) gebunden. Kombiniert nach B.v. FREYBERG (1962), HÖRAUF und ERL 1959. Aus H. HÖLDER 1964.

- A b b 10 a. Fazies-Verteilung in Dogger gamma, mit den Senken und Schwellen. Nach SCHMIDTILL & KRUMBECK 1939.
- A b b 11. O b e n: Paläogeographie des Oberen Dogger, Durchbruch der Regensburger Straße über Passau hinaus. U n t e n: Paläogeographie des Dogger beta. Nach Gg. WAGNER 1960.
- A b b 12. Paläogeographie des Dogger Ober-zeta ( L a m b e r t i Zone). Nach E. WEBER 1959.
- A b b 13a. Längsprofil durch den Dogger am Ostrand der Frankenalp, Dogger gamma zu mächtig gezeichnet! Profil in der Mitte etwas gekürzt. Nach L. REUTER 1908.
- A b b. 13b. Längsprofil durch den Dogger am Westrand der Frankenalp; Dogger gamma zu mächtig, auch andere Zonen nicht ganz korrekt angegeben. Profil in der Mitte gekürzt. Nach L. REUTER 1908.
- A b b 14. Paläogeographie des untersten Malm. Nach E. WEBER 1959.
- A b b 15. U n t e n: Paläogeographie des Mittl. Weißjura (Kimmeridge). O b e n: Paläogeographie des unteren Malm zeta; in der linken Bildhälfte erkennt man deutlich die Mitteldeutsche Insel, darunter deuten 4 Kreuze die Lage der Solnhofener Lagune an. Nach ROLL u.a., aus Gg. WAGNER 1960.

- A b b. 16. O b e n: Paläogeographie des Malm delta. Die Schraffur zeigt die Verbreitung zweier Unterarten (geographischer Rassen) von *A u l a c o s t e p h a n u s p s e u d o m u t a b i l i s* und des nahe verwandten *A u l. f a l l a x*. Die Pfeile zeigen die Ausbreitung von *A u l. e u d o x u s* aus seinem süddeutschen Entstehungszentrum und die Wanderwege der daraus hervorgegangenen Arten *volgensis-kirghisen-sis*. Vgl. Abb. 19b. Nach B. ZIEGLER 1962.  
U n t e n: Paläogeographie des tiefen Malm zeta (*G r a v e s i a*-Stufe). Vorkommen von *G r a v e s i a* senkrecht schraffiert, Land waagrecht schraffiert. Nach HAHN 1963.
- A b b. 17. Die Haupt-Faziesgebiete der Frankenalp im Malm (mit Signaturen) und die sie trennenden Riffschwelen. Nach A. ZEISS 1968.
- A b b. 18. Der Stammbaum der Familie der Ammoniten des Jura. Nach ARKELL in MOORE 1957.
- A b b 19. Evolution von *K o s m o c e r a s* im englischen Callovium. 2-5 K. *g u i l i e l m i i g u i l i e l m i i*, 7. K. *c a s t o r a n t e r i o r*, 8 K. *c a s t o r c a s t o r*, 9. K. *a c u l e a t u m a n t e r i o r*, 10. K. *a c u l e a t u m a c u l e a t u m*, 11. K. *p o l l u x p o l l u x*, 12 K. *o r n a t u m o r n a t u m*. Nach BRINKMANN 1929. Einige Formen sind weggelassen. BRINKMANN'S Bestimmungen sind teilweise falsch und umstritten. Vgl. Abb. 19 a.

- A b b 19 a. Die 4 aufeinander folgenden Leitfossilien der Gattung *K o s m o c e r a s* im Callovium Frankens (ohne *M a c r o c e p h a l u s*-Zone). 1 *K o s m o c e r a s j a s o n*, Ludwag. 2 *K. c a s t o r*, Bodendorf, 3 *K. p o l l u x*, Bodendorf bei Trockau, 4 *K. o r n a t u m*, Oberrüsselbach bei Ebermannstadt. Nach L. REUTER 1908. Man vergleiche Abb. 19.
- A b b 19 b. Artbildung von *A u l a c o s t e p h a n u s* im Malm delta über geographische Rassen (vgl. Abb. 16). Nach B. ZIEGLER 1975. Die Riesenform am Ende des mittleren Zweiges ist weggelassen.
- A b b. 20. *O b e n*: Das älteste Laubblatt (Dikotylenblatt) der Erdgeschichte, *S a s s e n d o r f i t e s b e n k e r t i K u h n*, aus Lias alpha 1 von Sassendorf. Originalfoto Dr. med. B. MÜLLER Bamberg. Adern leicht nachgezogen, ebenso der Blattrand, ca. 1/2. *U n t e n*: Verhältnis der Schwammfazies zur Normalfazies (Bankfazies) im Weißjura Süddeutschlands. *O b e n*: Schwammstotzen in der nördlichen Wand des großen Bruches bei Vorra (Mittelfranken) Malm beta, Profillänge 450 m. Mitte: Verschwammung des Malm beta im großen Bruch Rupprechtstegen, Profillänge 110 m. Unten: Verhältnis von Massenkalk zu geschichteter Fazies im Oberen Malm. Nach Absterben der Schwammriffe wird der ganze Meeresboden von geschichteter Fazies bedeckt, die verschieden hoch liegenden Mulden und Restmulden füllen sich auf. Profillänge 1100 m. Nach A. ROLL 1934.
- A b b 21. *U n t e n*: Biostratigraphie der Arietenstufe (Lias alpha 3) in Schwaben (vgl. HÖLDER 1964).

Man sieht auf den Windungsquerschnitt. Nach WALLISER 1956. O b e n: Faunistische Gliederung und Benennung des Oberoxfordiums und Unterkimmeridgiums (z.T.) in Süddeutschland; angegeben ist die vertikale Verbreitung von bezeichnenden Ammonitengattungen. Nach O. F. GEYER 1961.

- A b b 22. Verbreitung wichtiger Ammonitengattungen wie H a m m a t o c e r a s, L u d w i g i a, L e i o c e r a s, S t a u f e n i a, usw., im Dogger alpha bis gamma im westlichen Württemberg. Nach RIEBER 1963.
- A b b 23. O b e n: Gliederung des Ob. Lias in Franken. Nach L. KRUMBECK 1943. U n t e n: Gliederung des Lias delta ( Amaltheenton) in Oberfranken. Nach SCHIRMER & HOFFMANN, aus M. LANG 1970.
- A b b. 24. Lias epsilon-zeta-Profil an der Ausfahrt Scheßlitz der B 505. Nach JAHNEL, MÜLLER & TRISCHLER 1969.
- A b b 25. Stratigraphie von Dogger delta (part.) bis Dogger Mittel epsilon. Nach SCHMIDTILL & KRUMBECK 1930.
- A b b. 26. Verbreitung der Parkinsonien und Oppelien im Dogger delta-epsilon Frankens. Nach P. DORN 1939.
- A b b 27. Biostratigraphie des Malm alpha bis gamma 1 in Franken; alpha-beta-Grenze nach QUENSTEDT. Nach SCHMIDT-KALER 1962.
- A b b. 28. Parallelisierung des Malm delta zwischen Riesgebiet und Südlicher Frankenalb nach der Methode v. FREYBERG'S der Bank-für-Bank-Zählung (Stromatometrie). Ein kleiner Zwischenteil

wurde weggelassen. Nach SCHMIDT-KALER 1962.

- A b b. 29. Parallelisierungsversuch der Ablagerungen des Malm delta bis zeta in Europa und Nordafrika. Man erkennt die großen Schwierigkeiten strenger Identitätsfestsetzung. Nach BARTHEL 1962.
- A b b. 30. Gliederung des Jura in Nordfranken vor 50 Jahren, daher noch manche falsche Angaben (Lias beta ist bis 30 m mächtig, das Callovium ebenfalls). Nach P. DORN 1928.
- A b b. 31. Einbettung des Ganoiden *C a t u r u s* sp. (bis über 1 m Länge erreichend) in den Solnhofener Schiefer. Es verbleibt zunächst der ursprüngliche Auftrieb durch Aufblähung durch Verwesungsgase. 2 zeigt die Pfeile, die kleinen zeigen den allseitig gerichteten Druck der Verwesungsmasse und des Körpergewichts. Die neu entstandenen Sedimente ahmen den Fischumriß in seiner Höhe nach und sind aufgeschwollen. 3 zeigt die nachträgliche Zusammenpressung und die Sockellage. Nach Gg. VIOHL 1977.
- A b b. 32. *O b e n*: Verbreitung der Riffkorallen im Jura. Nach Gg. VIOHL 1977. *U n t e n*: Die Welt in der Mittelkreide, die Länder sind schon weitgehend getrennt und die Atlantische Spalte erweitert. Beschränkt ist die Zeichnung auf den 70. nördl. bis südl. Breite. Weiß Kontinente, Dünne Linien epikontinentale Schelfe. Eingetragen sind die bisher bekannten Funde von Riesenpterosauriern, darunter ist (weiß gehalten) der 1977 von WELLNOFER beschriebene *A r a r i p e d a c t y l u s*. Nach WELLNHOFER 1977.

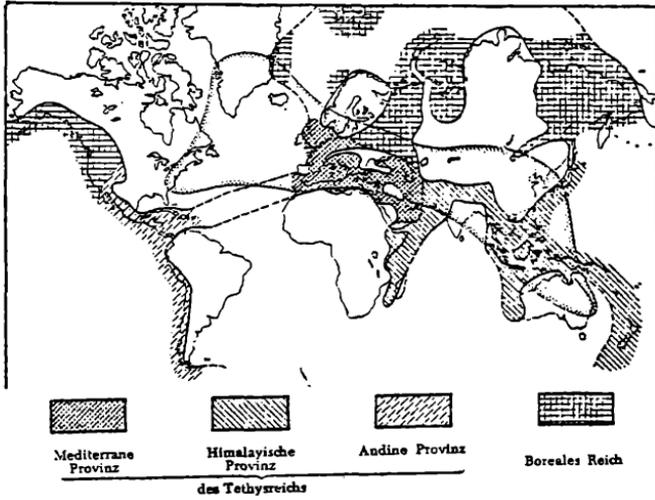


Abb. 1

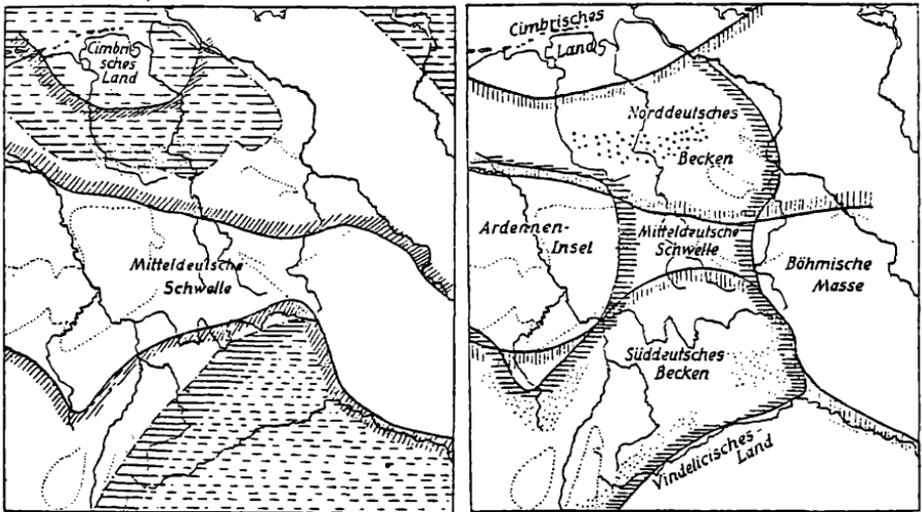


Abb. 2

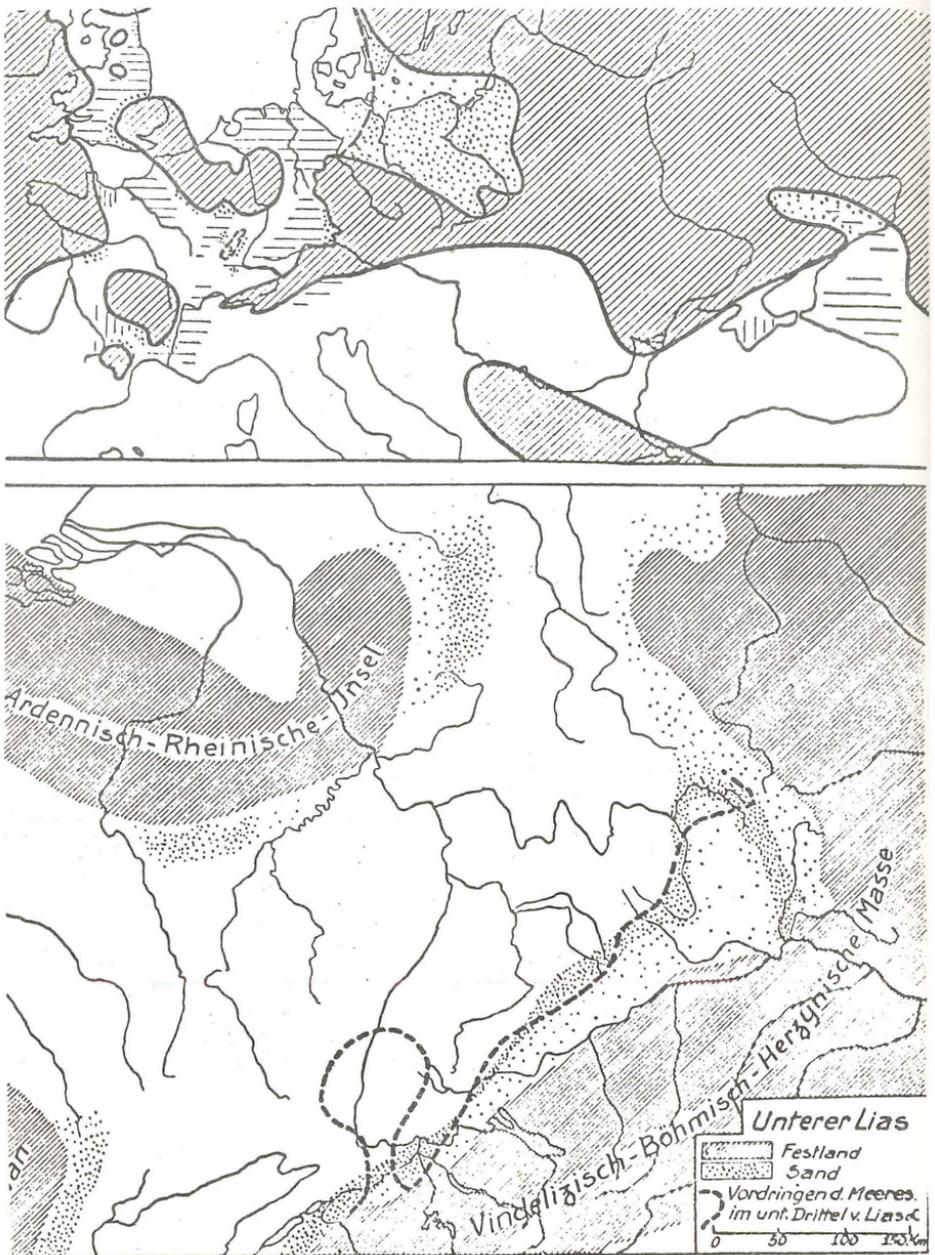


Abb. 3



Zonen (s. a. = sensu abstracto)	Nordwesteuropa (DONOVAN)	Nordwestdeutschland
	Subzonen	Subzonen
<i>Schlotheimia angulata</i>	<i>Schlotheimia complanata</i>	<i>Schlotheimia complanata</i> [= <i>stenorhyncha</i> ]
	<i>Schlotheimia extranodosa</i>	<i>Schlotheimia germanica</i>
<i>Alsatites liasicus</i>	<i>Alsatites laqueus</i>	<i>Alsatites laqueus</i> + <i>Saxoceras</i> spp.
	<i>Curviceras portlocki</i>	<i>Psilophyllites hagenowi</i> (fehlt in England)
<i>Psiloceras planorbis</i>	<i>Psiloc. (Caloceras) johnstoni</i>	<i>Psiloc. (Caloc.) torus</i>
	<i>Psiloceras planorbis</i>	<i>Psiloceras psilonotum</i> <i>Neophyllites antecedens</i>
	Pre-Planorbis-Beds	Pre-Planorbis-Beds

Abb. 3a

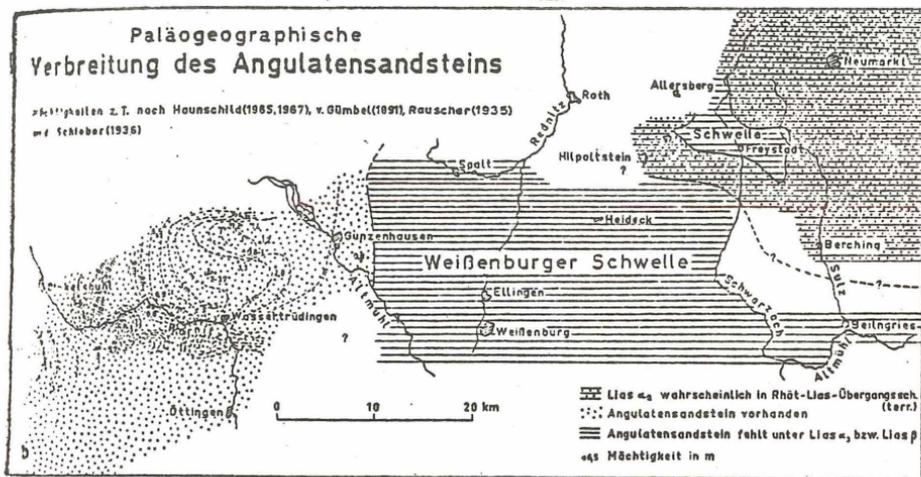


Abb. 4





Abb. 6

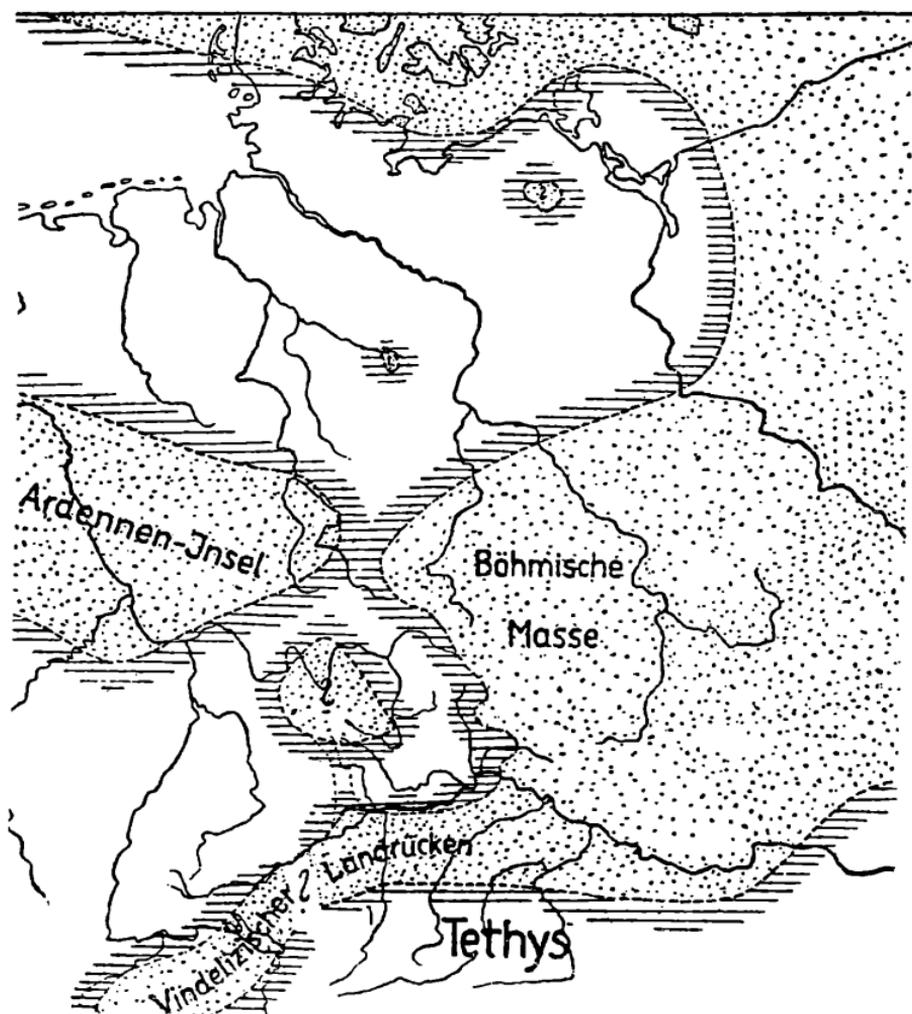
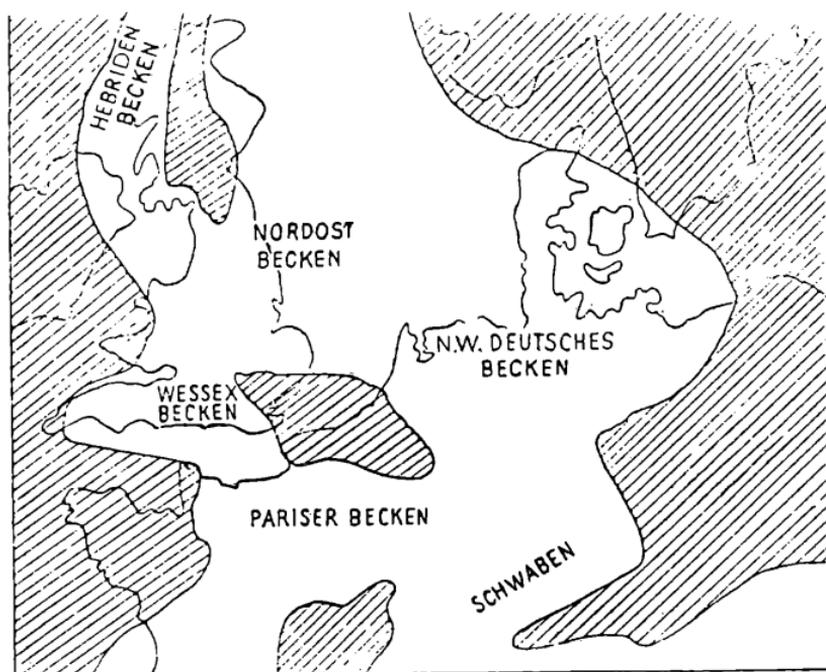


Abb. 7

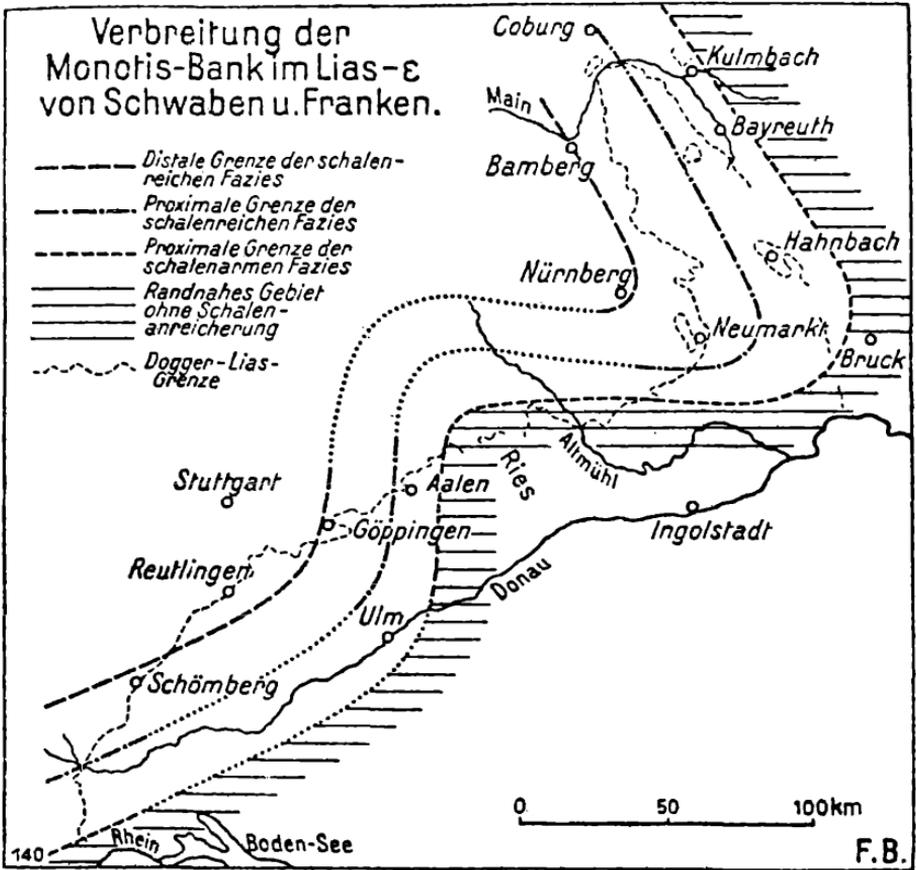


Abb. 8

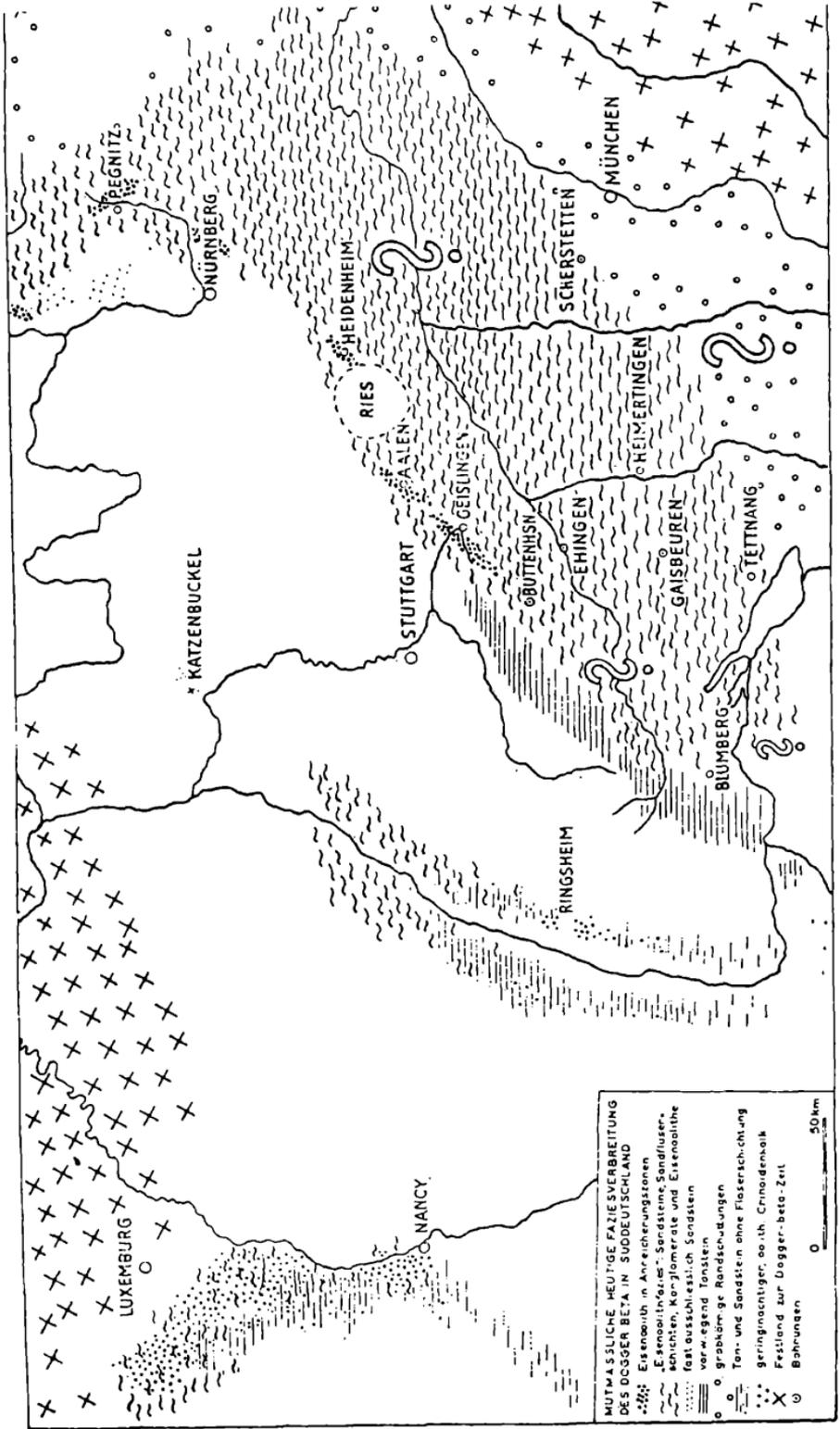


Abb. 9

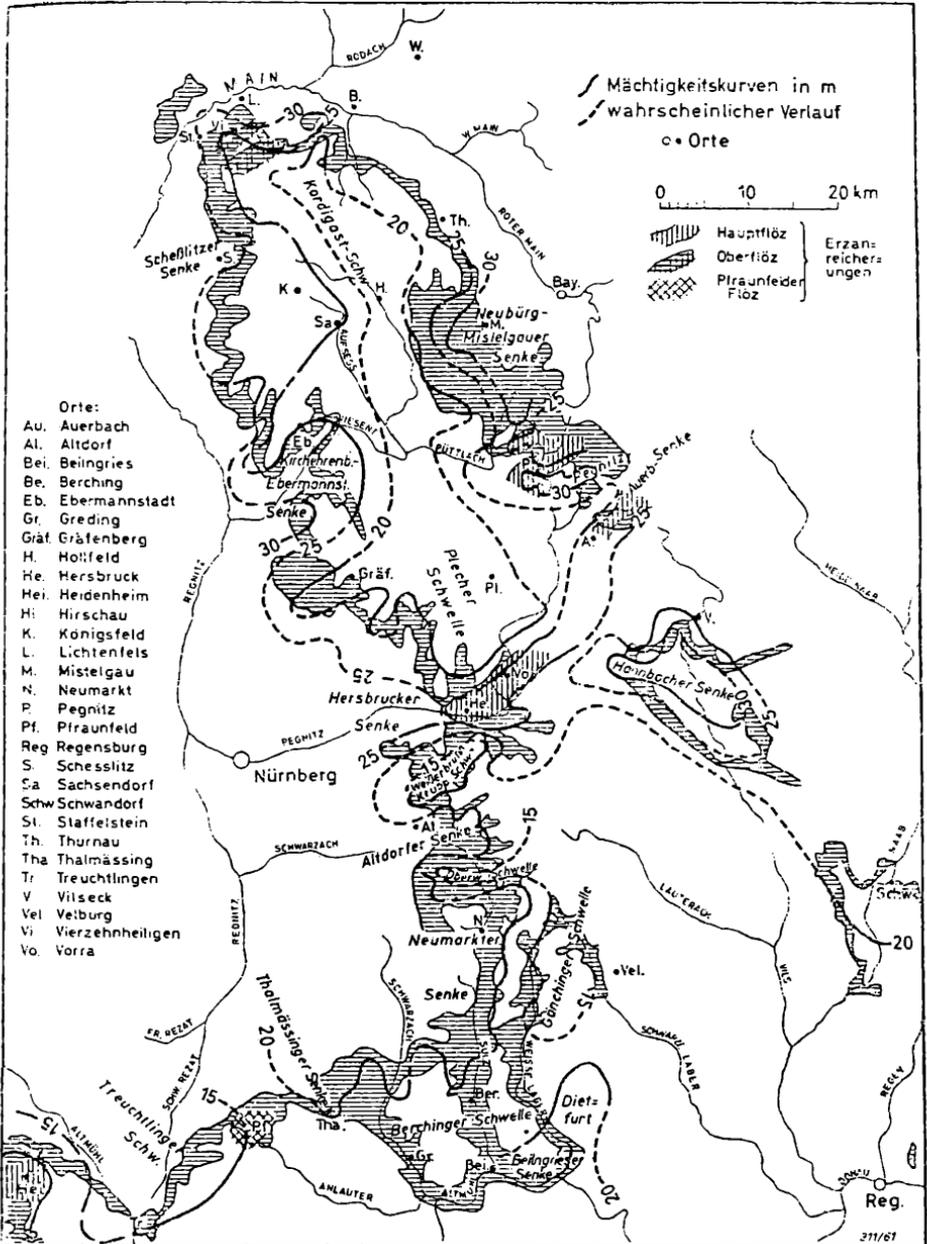


Abb. 10



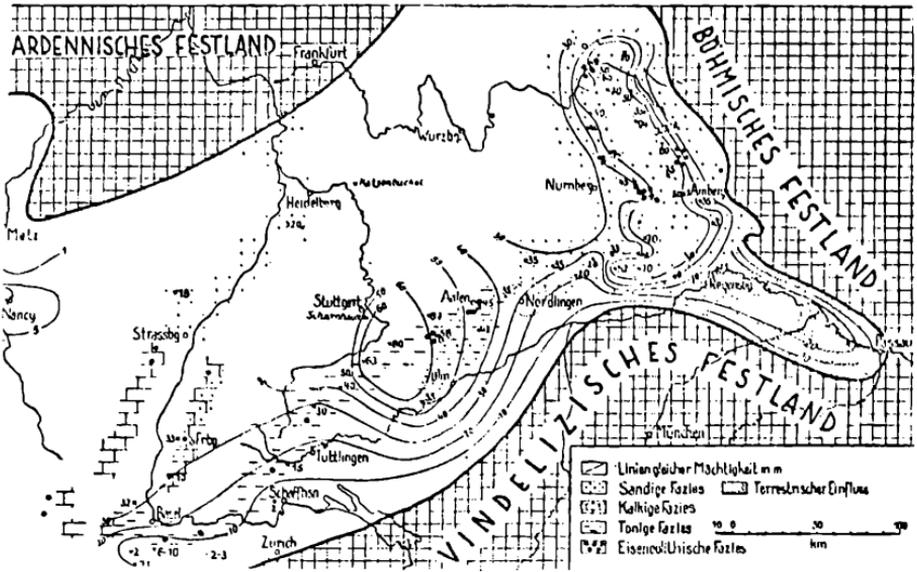
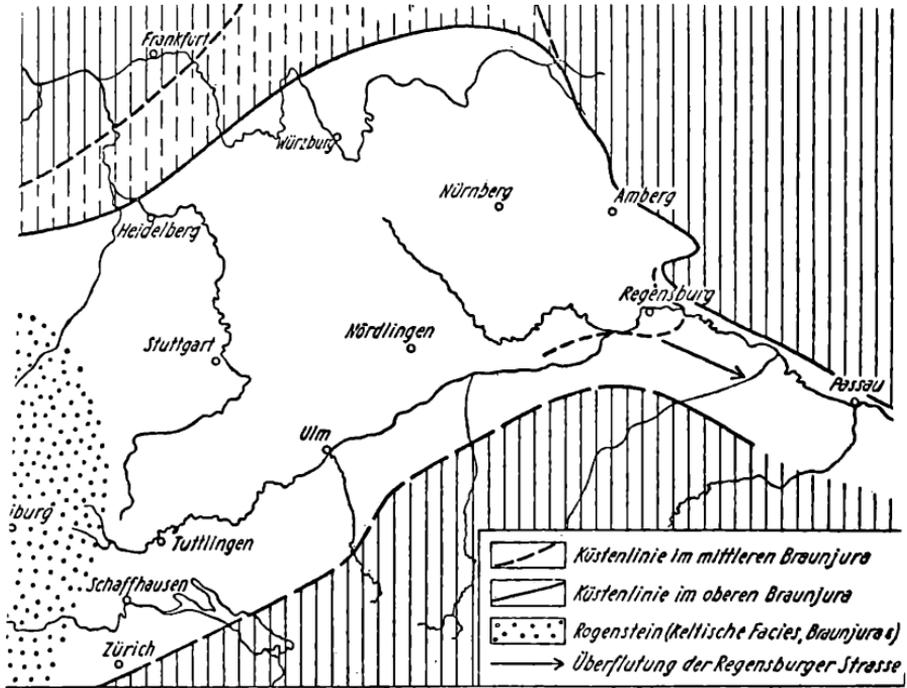


Abb. 11

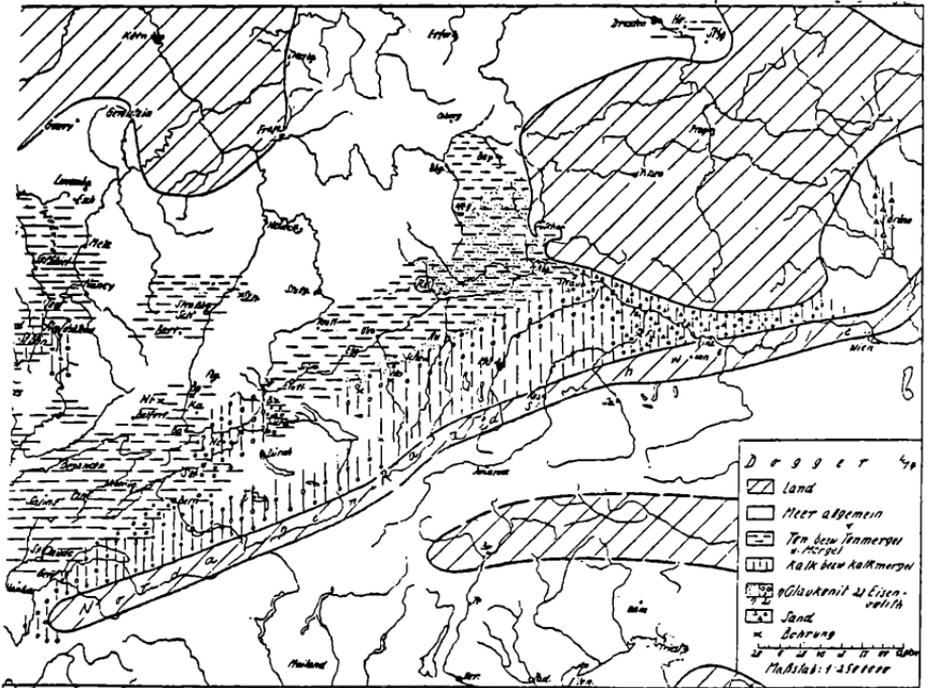


Abb. 12



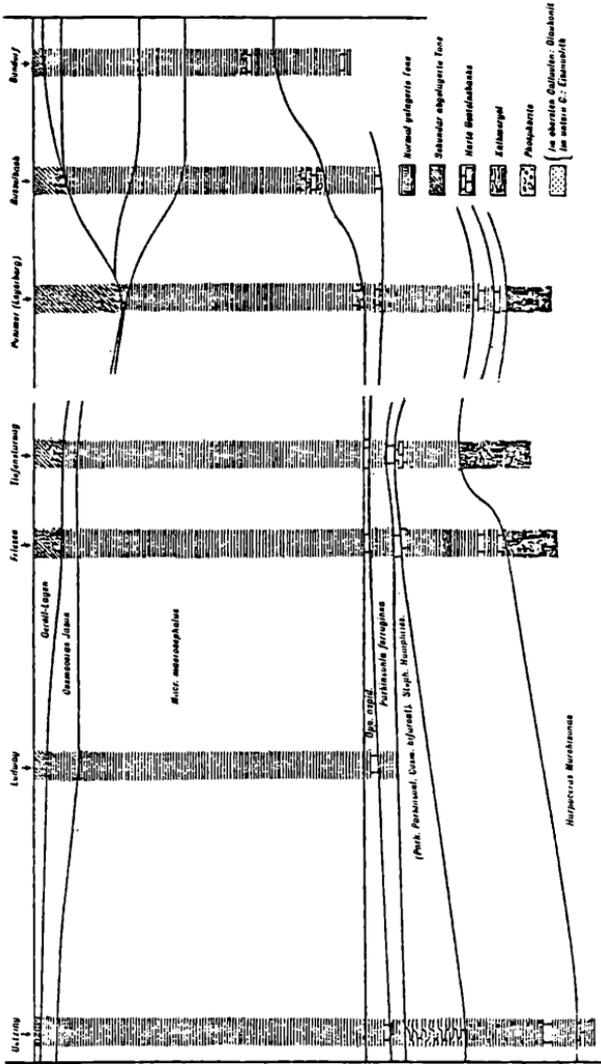


Abb. 13 b

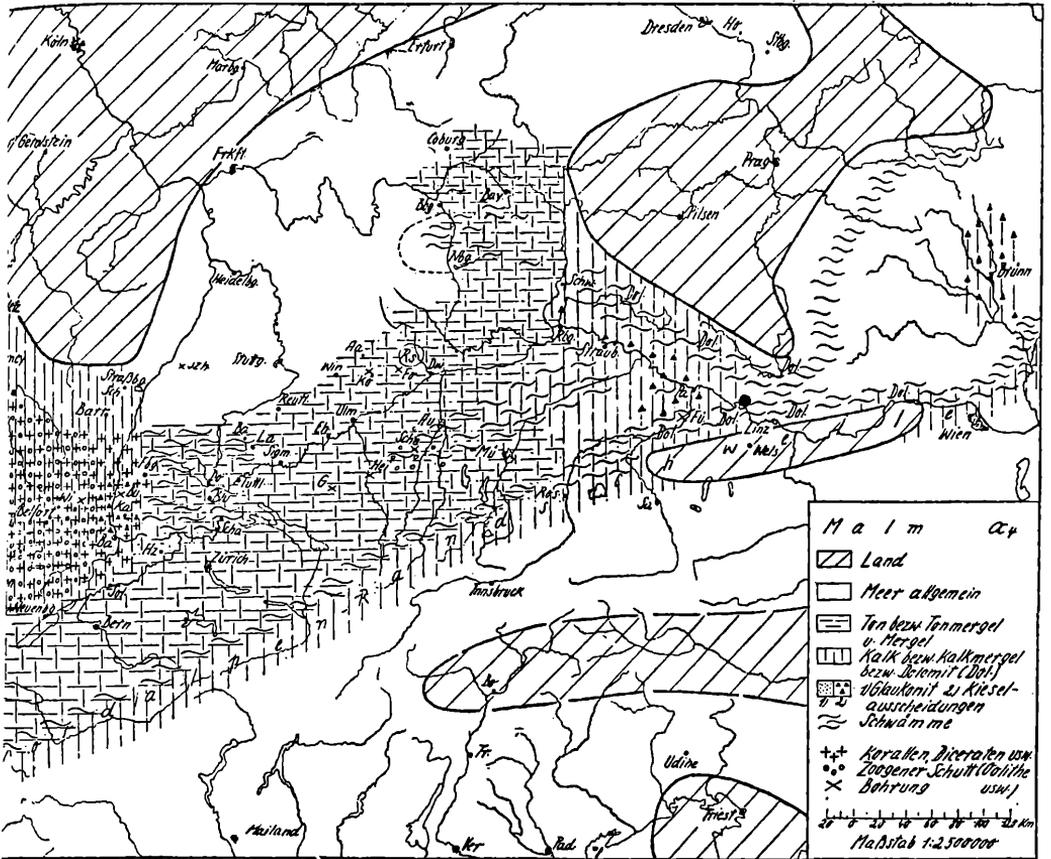


Abb. 14

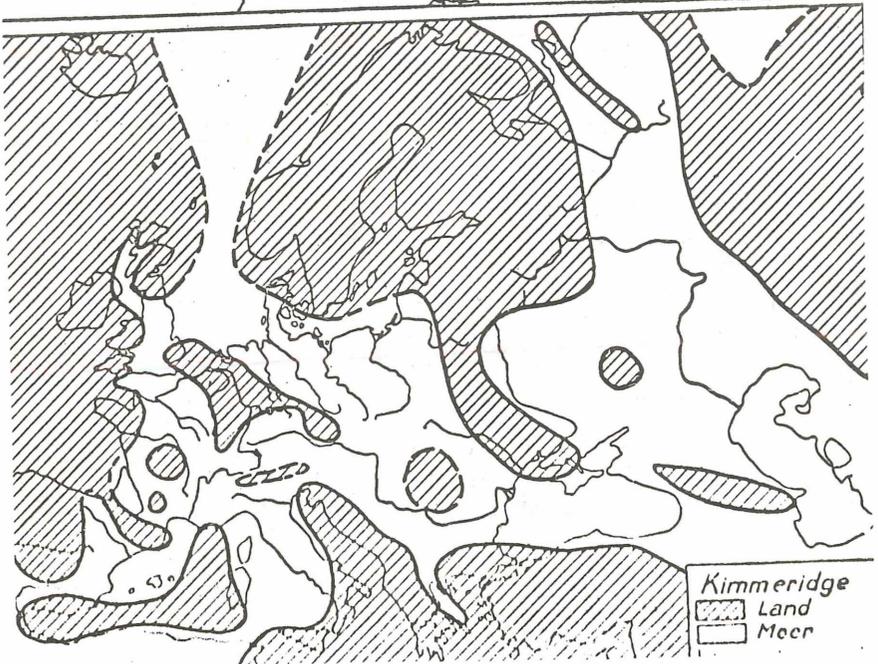
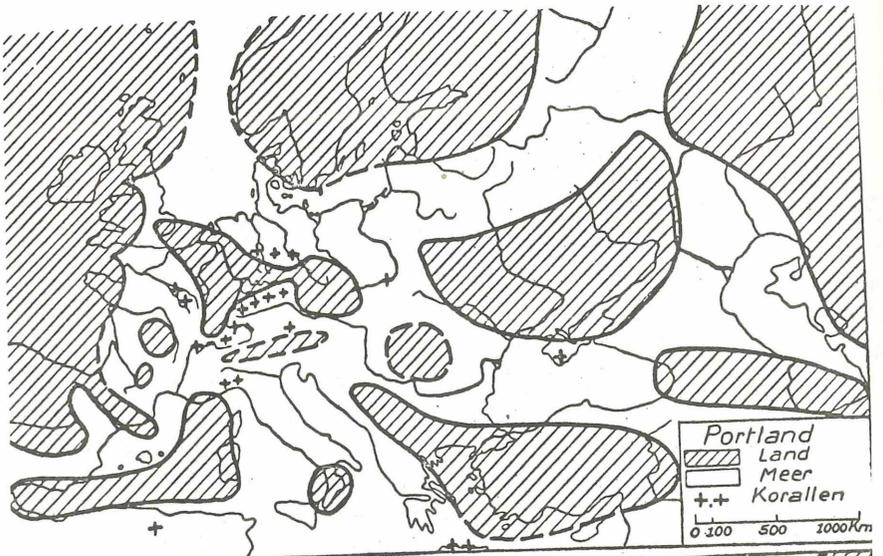
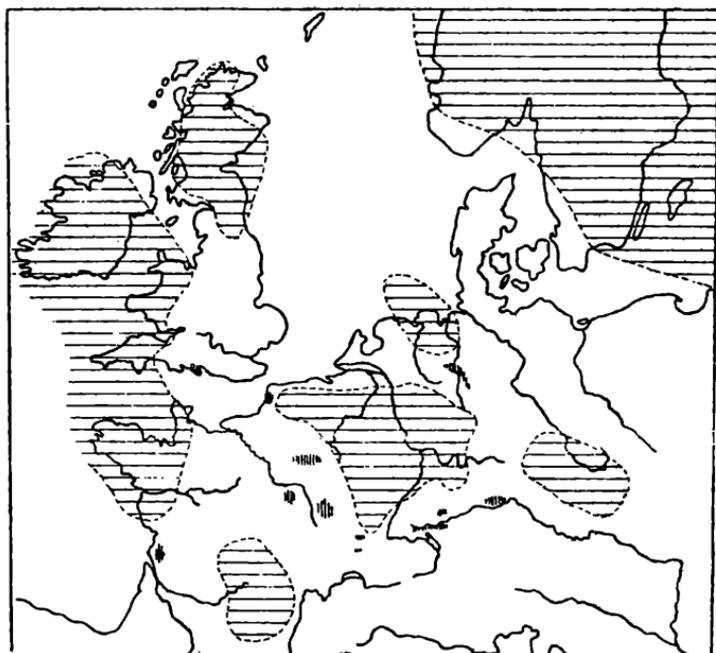
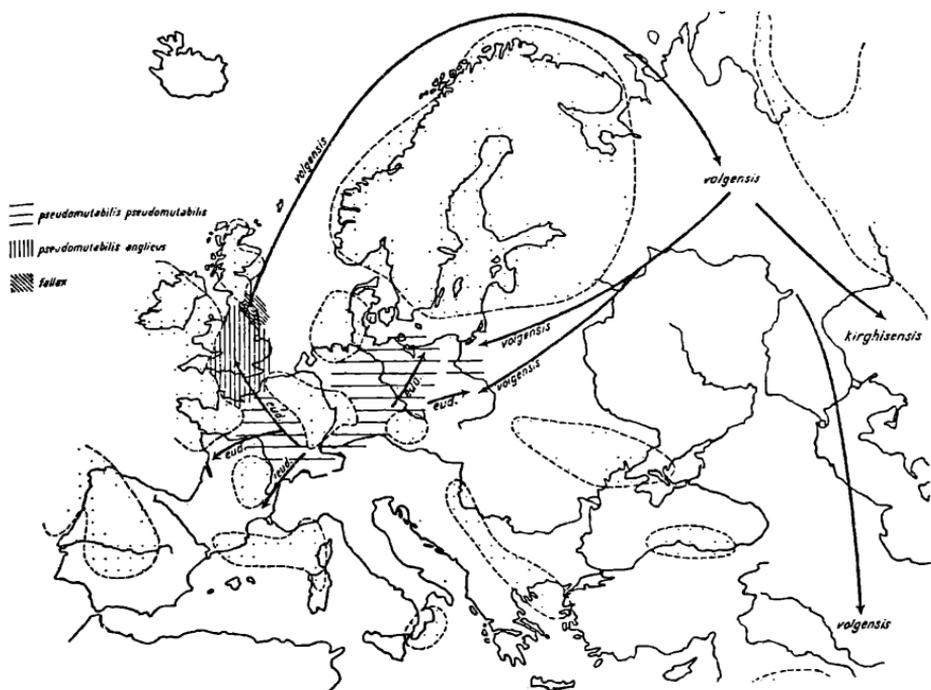


Abb. 15



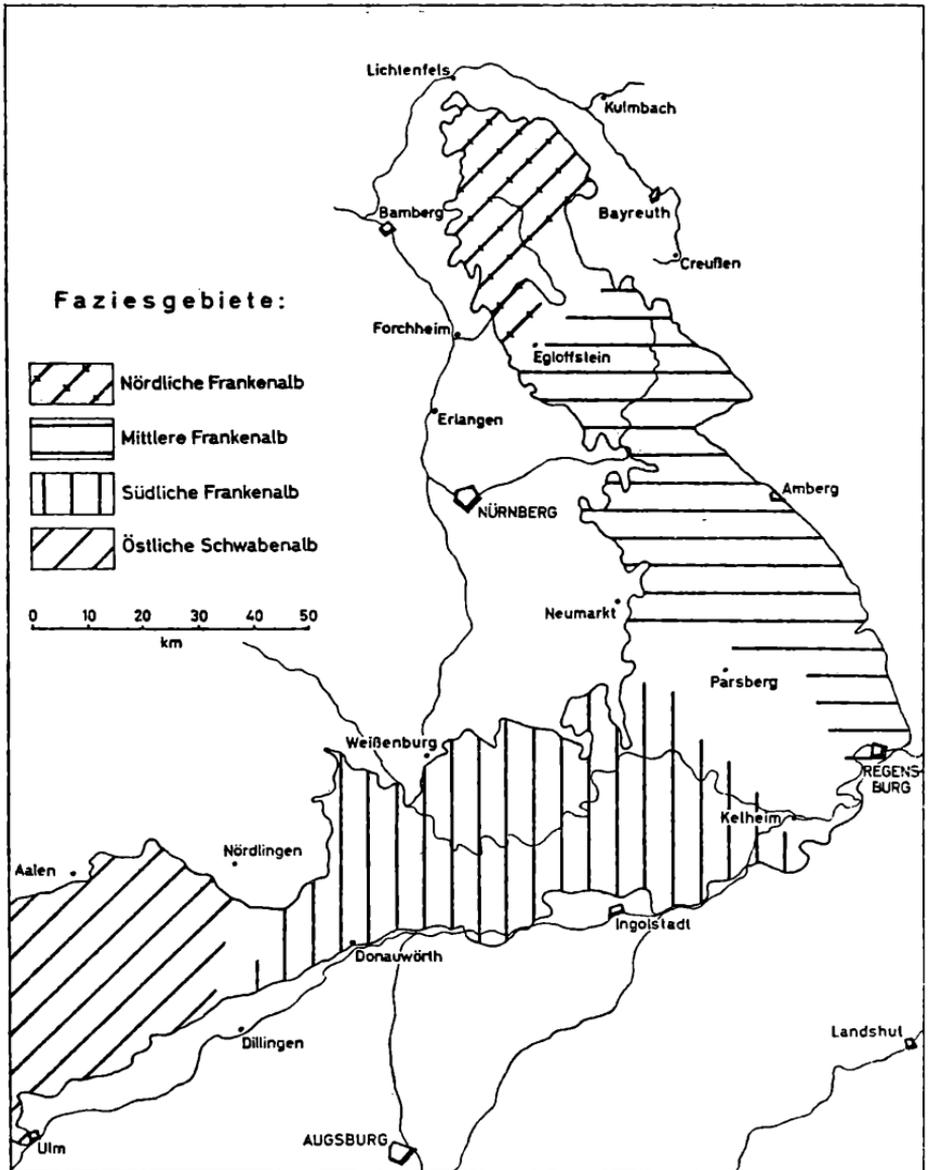


Abb. 17

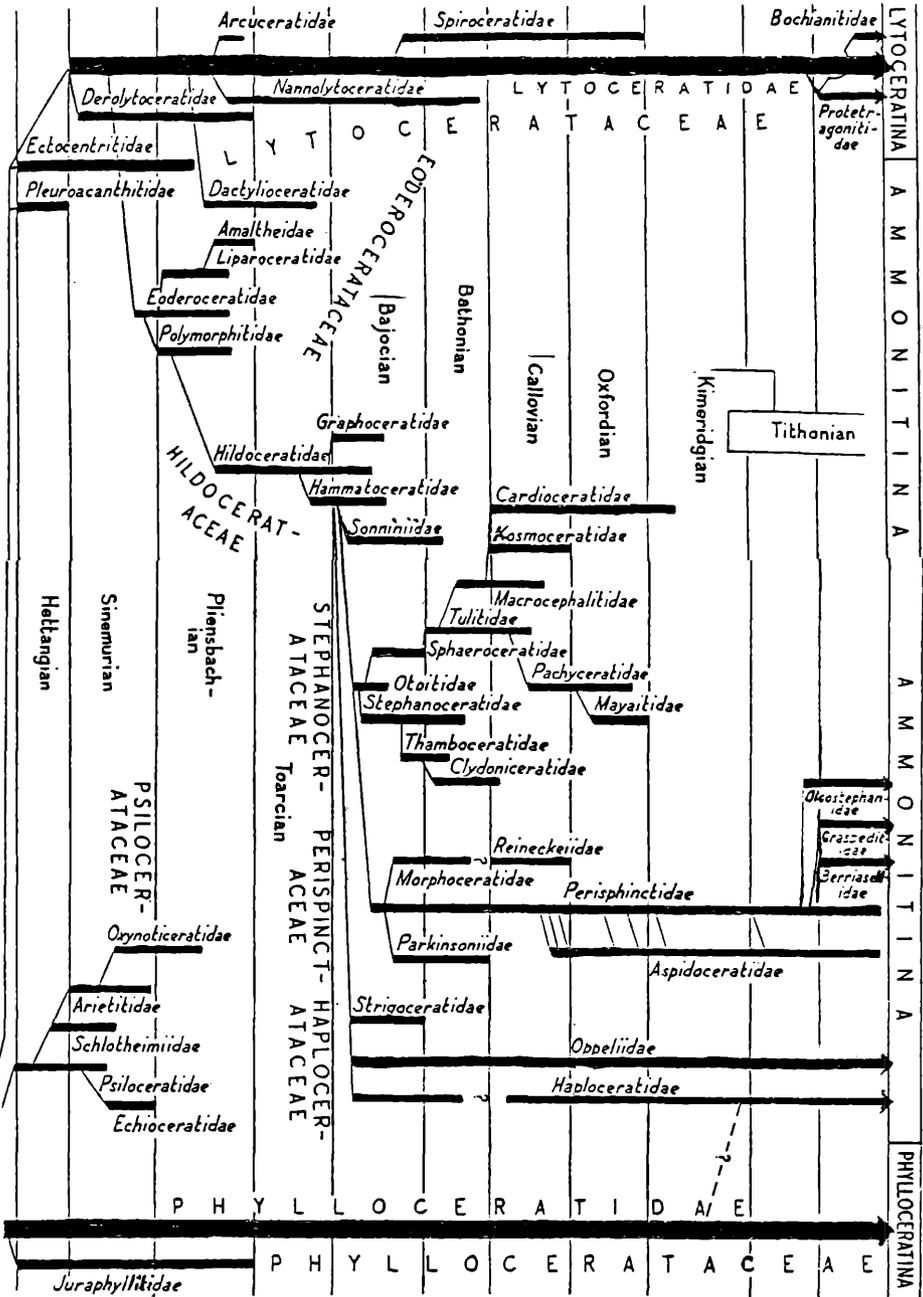


Abb. 18

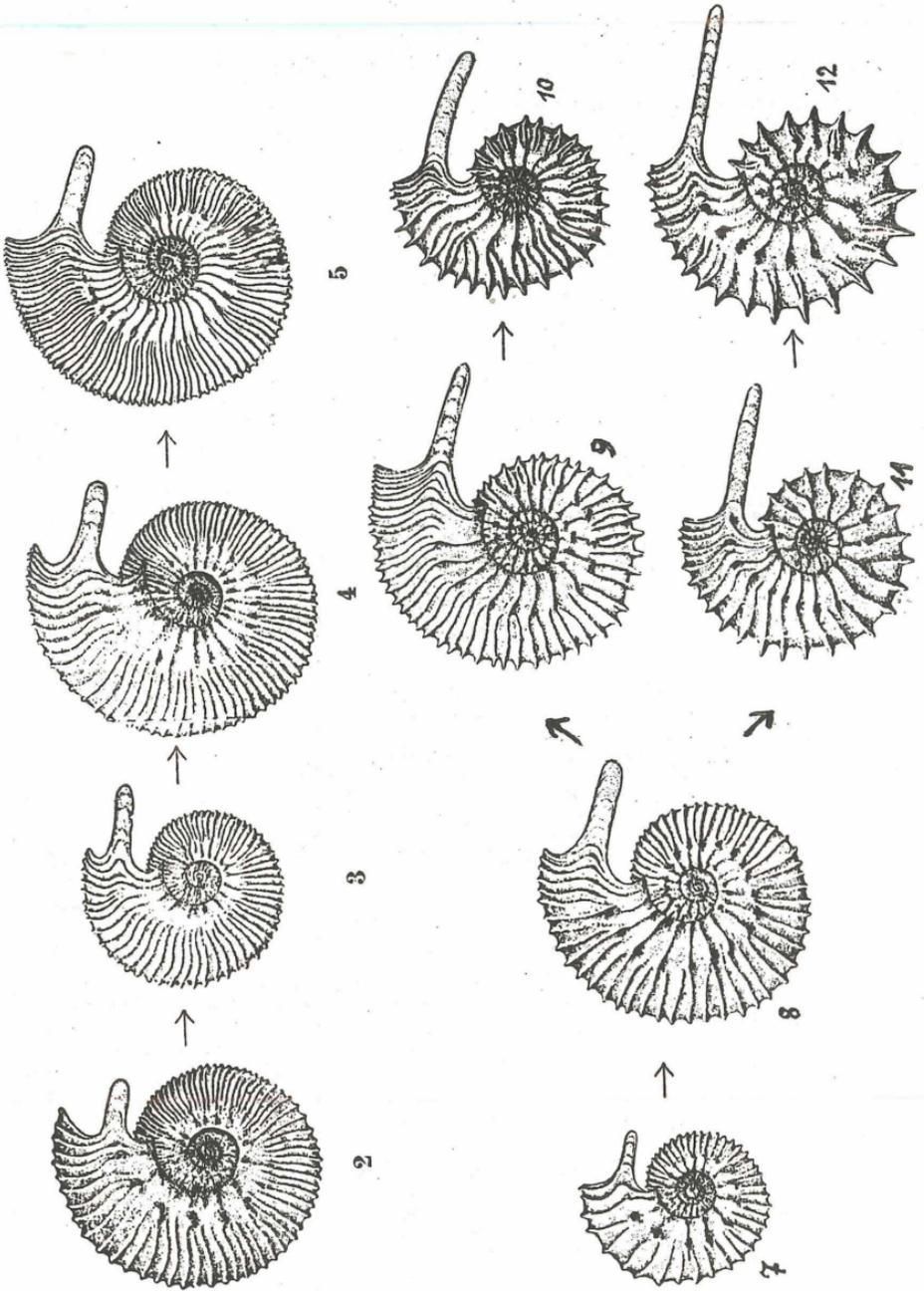


Abb. 19

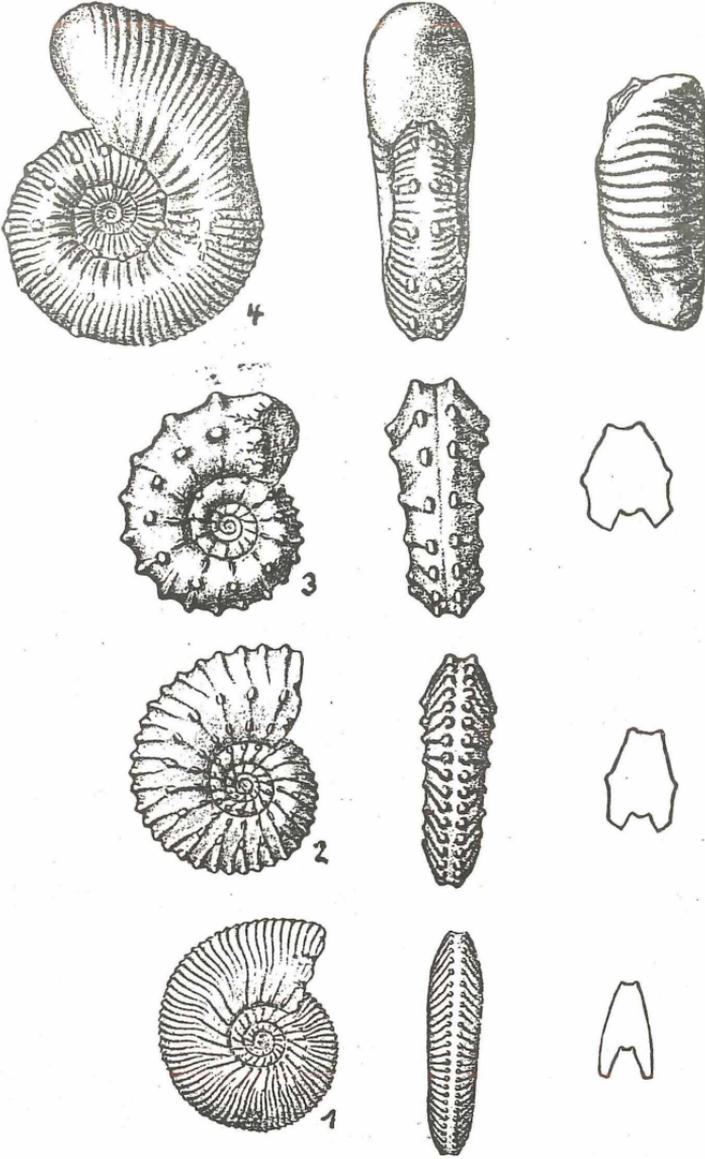


Abb. 19 a

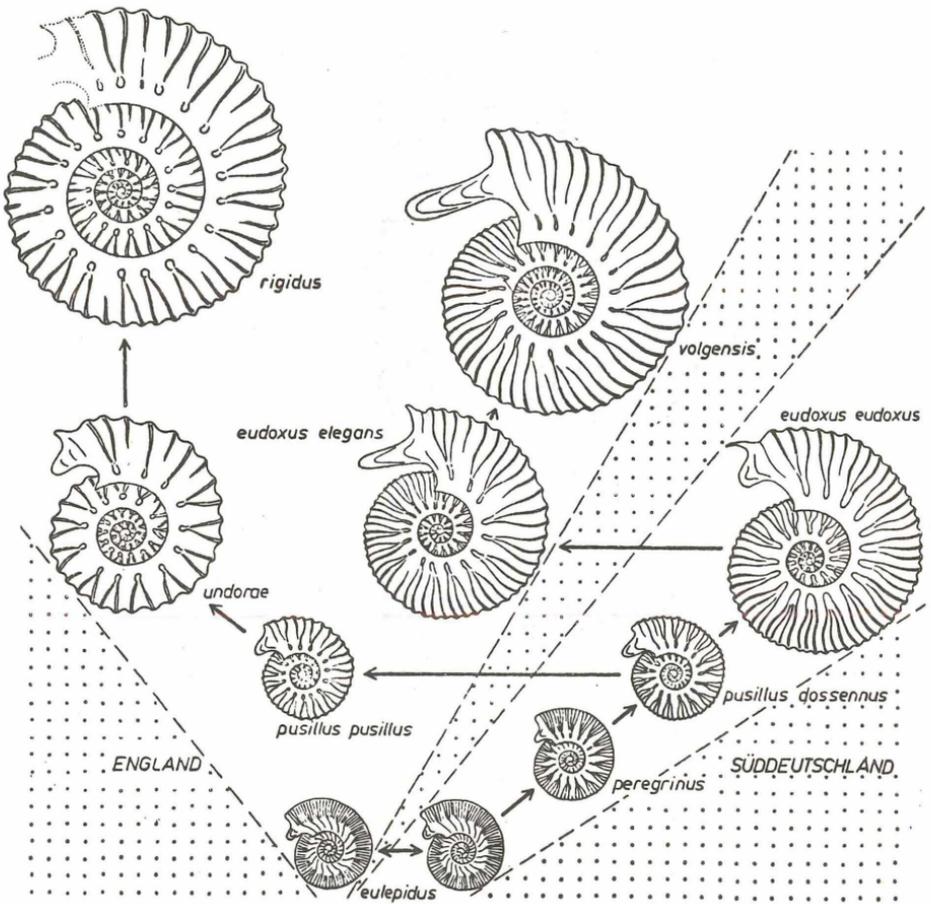


Abb. 19 b

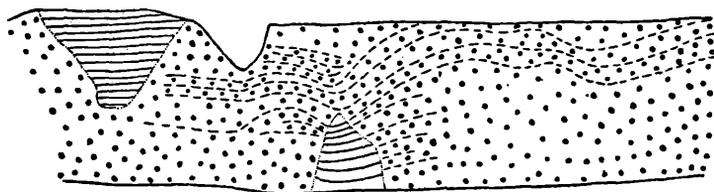
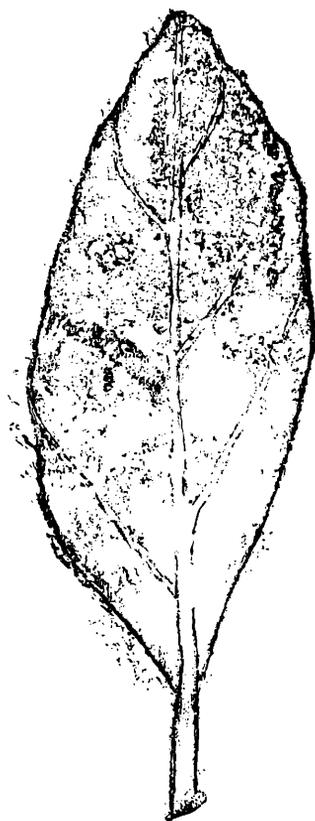


Abb. 20

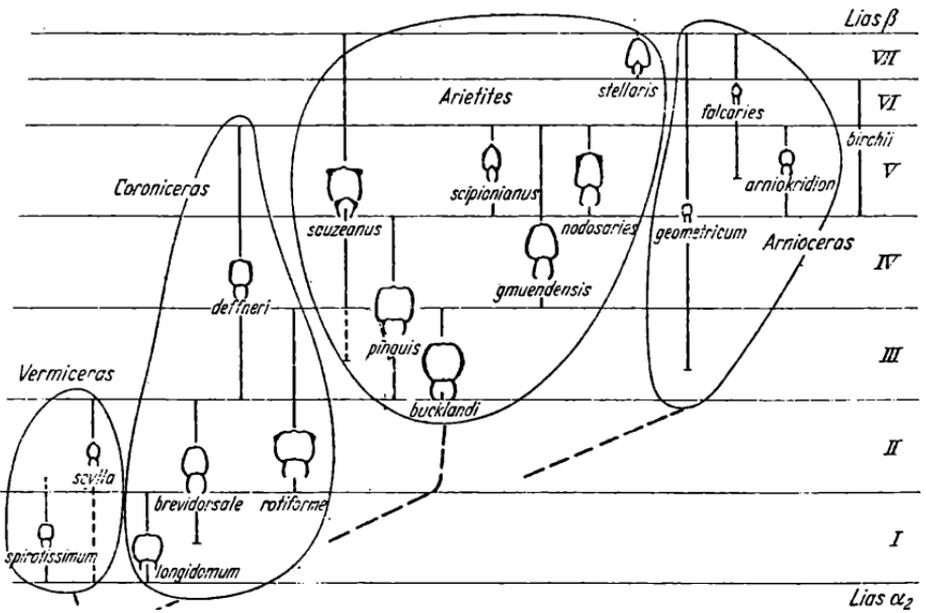
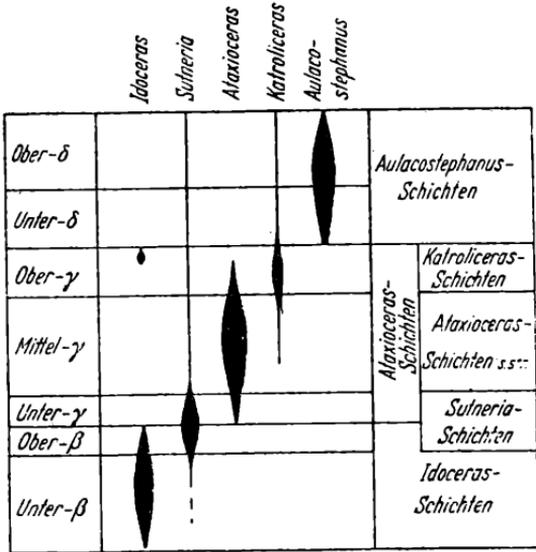


Abb. 21

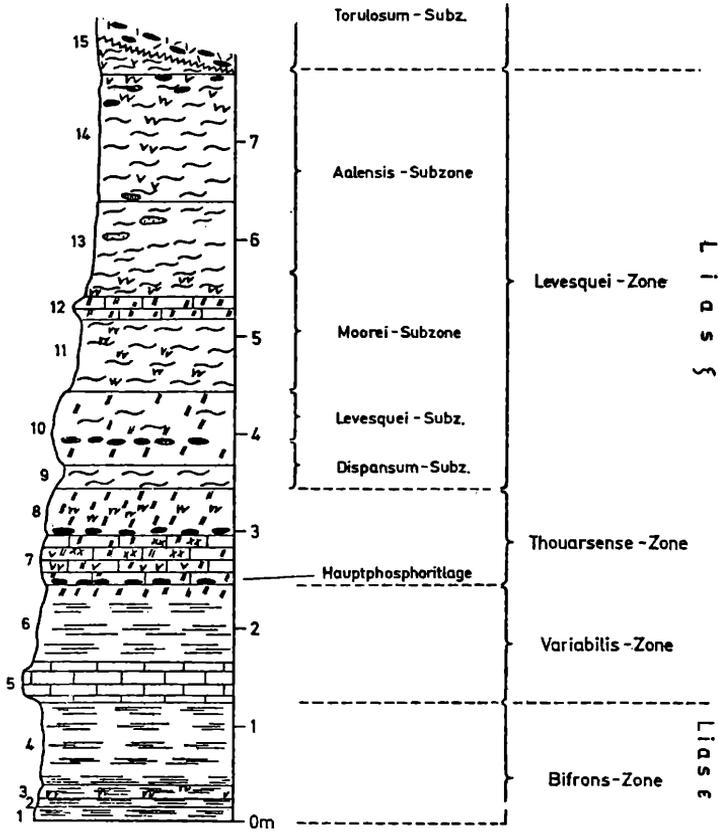
A a l i é n i e n		Bajocien	G. HOFFMANN 1913
Opalinus-Zone		Murchisonae Schichten	
Dogger α		Dogger β	E. LÖRCHER 1939
opalinum	scissum	concaua	Zonen
	opalinoides <u>sehndensis</u> <u>discoidea</u> <u>sinon</u> <u>staufensis</u>		<i>Staufenia</i>
opalinum costosum	<u>comptum</u>		<i>Leioceras</i>
	<u>striatum</u>		
	<u>crassicoastatum</u>		
	<u>paucicoastatum</u>		
opalinum	<u>haugi</u>	<u>concaua</u>	<i>Ludwigia</i>
	<u>praecursor</u>	<u>cornu</u>	
		<u>rudis?</u>	
	<u>crassa</u>	<u>vibrata</u>	
<u>Hammatoceras</u>	<u>bradfordiense</u> <u>murchisonae</u> <u>subtuberculata</u> <u>umbilicata</u> <u>cf. helvetica</u>		<u>desori</u> <u>discites</u> <u>subdiscoidea?</u> ... <u>ruaidiscites?</u>
	<u>Hammatoceras</u>		<u>Sonninia</u>
<u>Hammatoceras</u>		<u>Poecilomorphus</u>	<u>boweri</u>

Abb. 22

		Nordbayern	Westeuropa	
Dogger $a_1$		<i>Torulosis</i> -Schichten	mittleres Aalénien (z. T.)	
Oberer Lias	ζ	Ober-ζ: <i>Hircinus</i> -Schichten <i>Radiosus</i> - <i>Striatulo-costatus</i> -Lage	unteres Aalénien [ <i>Levesquei</i> -Schichten]	
		Mittel-ζ: <i>Dispansus</i> -Schichten <i>Fallaciosus</i> - <i>Toarcensis</i> -	oberes Toarcien	
		Unter-ζ: <i>Variabilis-Sublineatus</i> -Schichten		
	ε	Ober- $\epsilon_2$ : <i>Bifrons</i> -Schiefer Ober- $\epsilon_1$ : <i>Substriata</i> -Bank	} <i>Bifrons</i> - Schichten	mittleres Toarcien
		Unter- $\epsilon_2$ : Schiefer und Stinkkalk-Bänke; zuoberst der Fischschiefer Unter- $\epsilon_1$ : <i>Lytoceras siemensii</i> -Lager		unteres Toarcien

Obere Pliensbach-Schichten	Oberer Teil <i>spinatum</i> -Zone	<i>hawskerense</i> -Subzone mit <i>Pleuroceras hawskerense</i>	
		<i>apyrenum</i> -Subzone	Septarien mit <i>Pleuroceras apyrenum</i> , <i>Pleuroceras salebrosum</i> HYATT, <i>Pleuroceras spinatum</i> , vereinzelt <i>Amaltheus gibbosus</i>
		ca. 25 m über der Grenze Lias Gamma, Lias Delta	Kalkgeoden
	Unterer Teil <i>margaritatus</i> -Zone	<i>gibbosus</i> -Subzone	mit <i>Amaltheus gibbosus</i> SCHLOTH., häufiges Auftreten von <i>Amaltheus margaritatus</i>
	<i>subnodosus</i> -Subzone mit <i>A. cf. gloriosus</i> HYATT		Kalkbank
	<i>stokesi</i> -Subzone = Oberst Gamma (KRUMBECK)		

Abb. 23



- |  |                        |  |               |
|--|------------------------|--|---------------|
|  | Plastischer Ton        |  | Kalkkruste    |
|  | Mergel                 |  | Pyrit         |
|  | Tonmergel              |  | Phosphorit    |
|  | Bitumen-Schiefermergel |  | Schalenschill |
|  | Kalkstein              |  | Holzrest      |

Abb. 24

		Nordwestdeutschland						
Württemberg Benz 1924b	Streu 1897	Lehmann 1910, J. Rosen 1911 und Wetzel 1924	Benz 1928	Nordbayern (Oberpfalz) Schmidlill und Krause 1930				
Varisc-Oolith (Dogger mittele)	Schichten mit <i>Opekin aspidoides</i>	Obero <i>Aspidoides</i> -Sch. Untere <i>Aspidoides</i> -Sch.		T. Lager mit <i>Variscans</i> -Knollen	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">Maxhütte:</td> <td>Württemberg Schichten</td> </tr> <tr> <td>Ferruginen- Schichten</td> </tr> </table>	Maxhütte:	Württemberg Schichten	Ferruginen- Schichten
	Maxhütte:	Württemberg Schichten						
Ferruginen- Schichten								
Parkinsonier-Oolith (Dogger untere)	Schichten mit <i>Parkinsonia würtembergica</i>	<i>Arbusfigerus</i> -Sch. Obero <i>Würtembergicus</i> -Sch. Untero						
	Schichten mit <i>Parkinsonia parkinsoni</i> Sov.	<i>Würtembergicus</i> -Sch. Obero Parkinsonion-Sch. Untero Parkinsonion-Sch.			Obero Parkinsonien-Schichten Mittlere Parkinsonion-Schichten Untere Parkinsonien-Schichten			
Bifurcaten-Oolith (Dogger ober-d)		Untere Parkinsonion-Sch. Subfurecaten-Sch.			Obero } Subfurecaten-Schichten Untere }			
Coronaten-Schichten (Dogger mittel-j)	Coronaten-Schichten	Bajocion Leptosphincten-Sch. <i>Toloceras</i> -Schichten			Coronaten-Schichten			

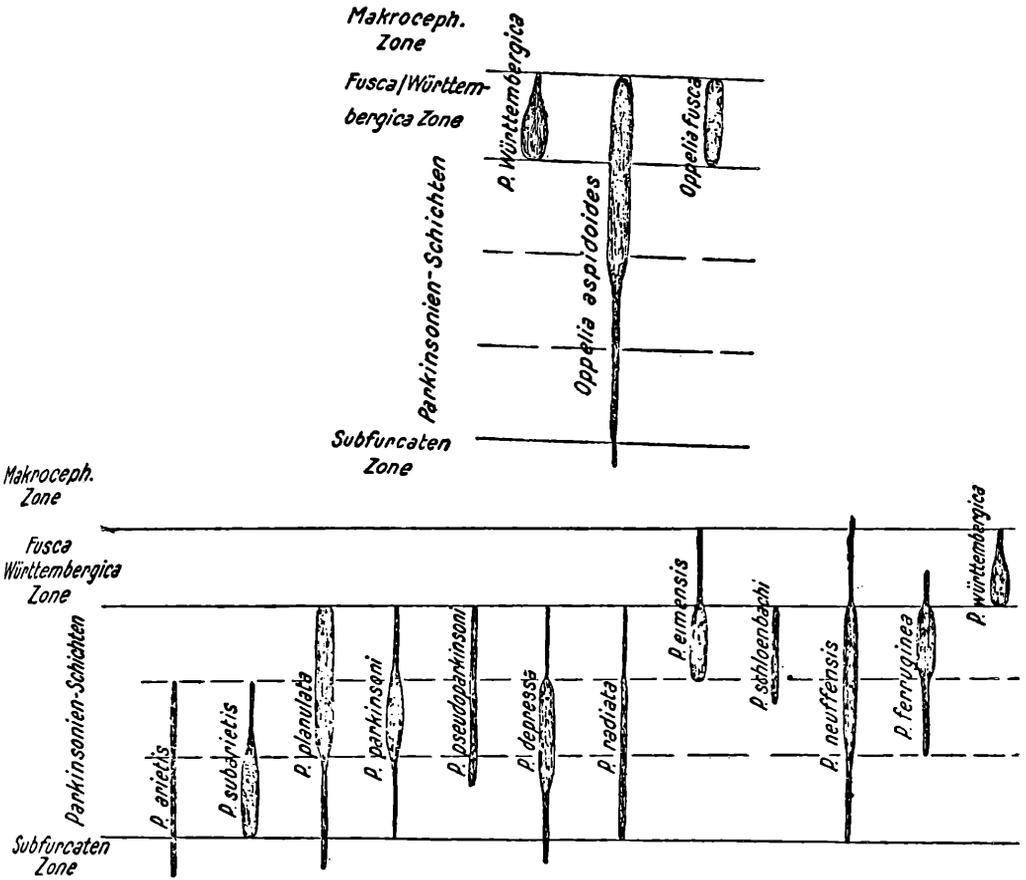


Abb. 26

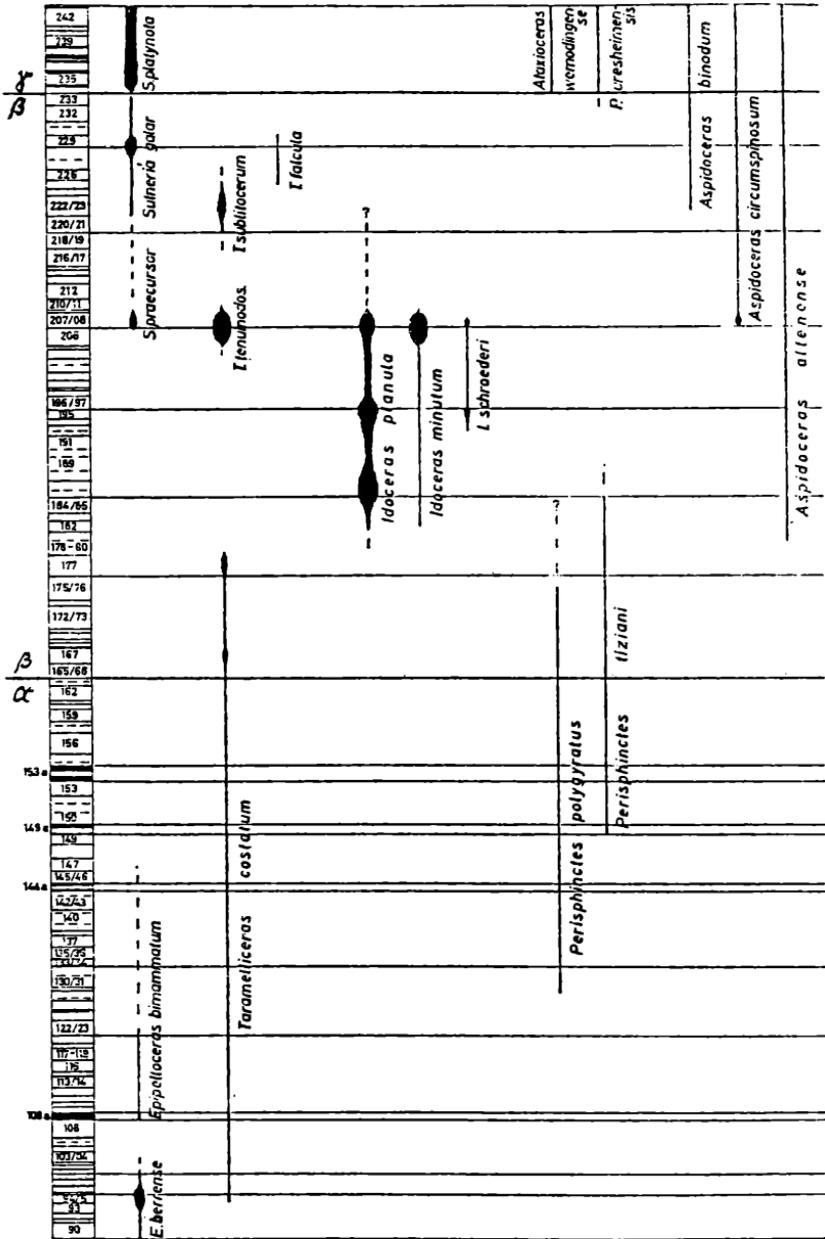


Abb. 27

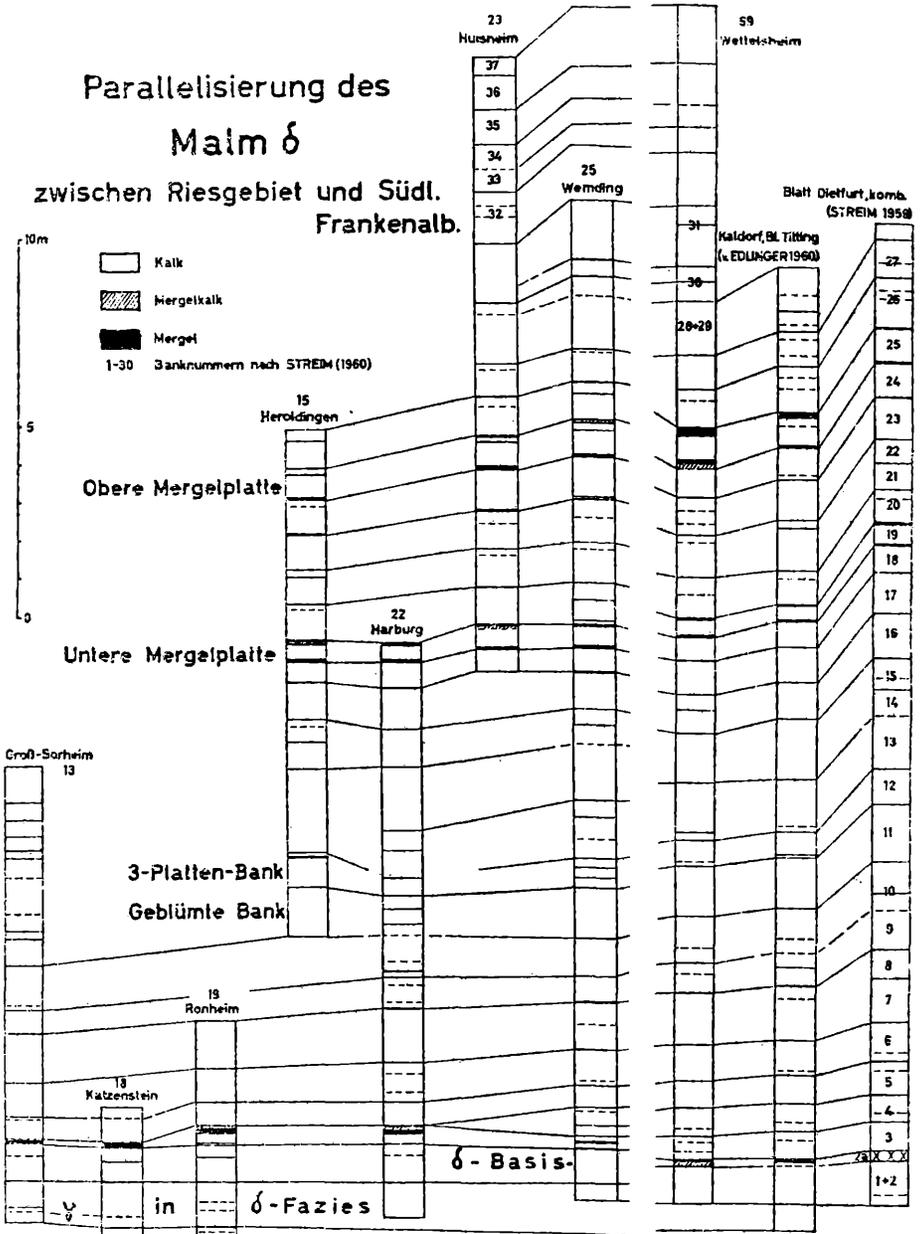


Abb. 28



Unterteilung		Benennung der Stufe		Ungefähre Mächtigkeit
Lithon	Weißer Jura (Malm)	ε	Untertithonische verkieselte Kalksteine Krebbskreckenkalk (Bederi-Schichten)	12-35 m
		e	Normalschichten nur in Form der Unschärft im Frankendolomitenhaltigen „Engelhardtberger Facies“ vorhanden	
		δ	Pseudomutabilienkalk mit Aulacostephanus pseudomutabilis	
		γ	Oberer Mergelkalk (Zone der Pseudomonotis similis Zone d. Periphonites polylocus Zone der Sutneria platnota)	
		β	Mergelkalk mit Loceras planula Peltoceras binnatum	
Oxford	Weißer Jura (Malm)	α	Untere Mergelkalk mit Cardioceras alternans Aspidoceras petarmatum	5-20 m
		β	Mergelkalk mit Cardioceras alternans Aspidoceras petarmatum	16-20 m
Laloven	Brauner Jura (Dogger)	ε-ζ	Ornatenton mit Macrocephalen, Lomoceraten	bis 12 m
Dathonen		γ-ε1	Eisenoolithkalk mit Conuliten, Stephanoceraten und Parkefonten	ca. 5 m
Dafoten		β	Doggersandstein, Sechsmassschicht mit Ludwigia Murchisonae u. Ludwigia concava	45-100 m
Nafenen		α	Opalinton mit Loceras opallum und Lytoceras torulosum	20-100 m
Loatzen	Schwarzer Jura (Loas)	ζ	Jurensismergel mit Epiloceraten, Dumostierien, Grammoceraten	0,25-4,00 m
Pflenzbächen		ε	Postfontenschiefer mit Posidonia Bronni	3-10 m
		δ	Amalthertonne mit Amaltheus costatus und Am. spinatus	20-50 m
Stnemurten		γ	Numismaltenmergel mit Waldhelma numismalis und Gryphaea cymbulum	3-11 m
		β	Raoteostatenmergel mit Ophioceras raricostatum	0,1-6,00 m
Hyllangien	Schwarzer Jura (Loas)	α	Arfeten-schichten mit Arfeten und Gryphaea arcuata	0,30-5,00 m
		α	Angulanten-schichten mit Schlotheimia angulata	0,40-9,00 m
Keuper			Pflonoliten-schichten m. Psiloceras planorbe Loburger Osgend	ca. 4 m
			Abtollia d. - Abt. und Mfontenone (Kontinentaler (Eustichung). übrige nördlicher Frankensjura.	
			In der Loburger Osgend u. in den Haffbergen	

Abb. 30

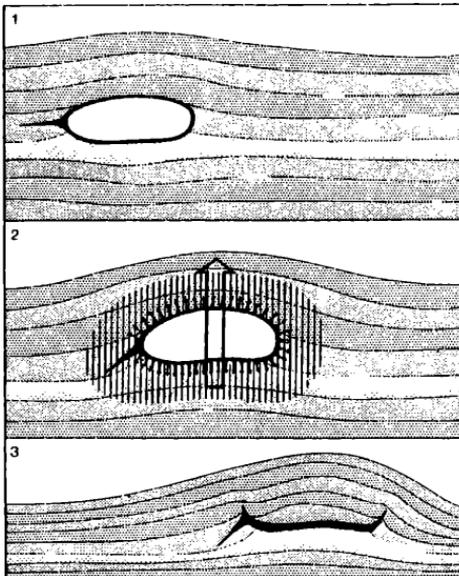


Abb. 31

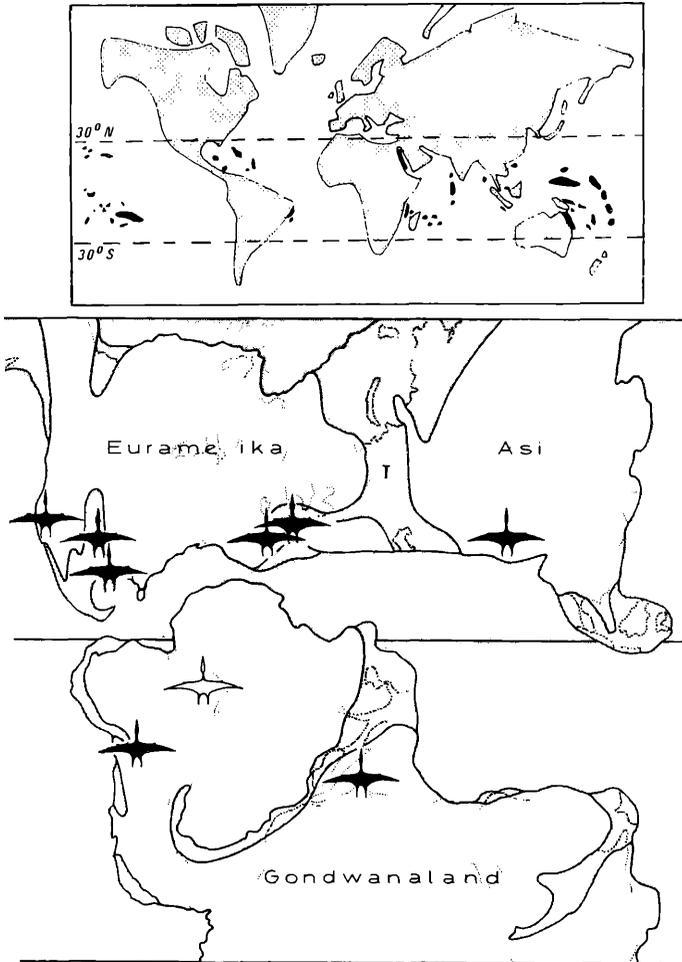


Abb. 32