Abh. Naturwiss. Ver. Würzburg	11	57–76	Würzburg 1970

Zur bathymetrischen Entwicklung des Muschelkalk-Meeres in Mainfranken

von

HERBERT VOSSMERBÄUMER, Würzburg

(mit 8 Abbildungen im Text und einer Tabelle)

ZUSAMMENFASSUNG

Zeit und Raum und die Entwicklung des Raumes in der Zeit sind Gegenstand dieser methodisch orientierten Studie zum mainfränkischen Muschelkalk.
Der geologisch geführte Versuch einer absoluten Altersbestimmung muß derzeit zu einem Spielraum zwischen 2 und 16 Mio. Jahren führen. Innerhalb dessen wird eine Reihe stratigraphischer Fragen durch die diskontinuierliche Sedimentation aufgeworfen. Lediglich in begrenzten Profil-Abschnitten besteht daher Aussicht auf Rekonstruktion von Zeitfolgen, die Maßstab der Tiefenlinien-Entwicklung sind. Entsprechend sollten zunächst am begrenzten Profil-Ausschnitt ansetzende Faziès-Analysen Anhaltspunkte liefern, die jedoch in den Gesamtrahmen eingepaßt werden müssen.
Die Diskussion einiger (großräumiger) Bathymetrie-Konzepte wird mit Hilfe heuristischer Modelle geführt.

1. Vorbemerkungen

„Erdgeschichte" heißt Veränderung des Raumes in der Zeit. Sie aus (Sediment-) Gesteinen abzuleiten, bedeutet, Ereignisse aus deren Ergebnissen, d. h. Dynamisches aus Statischem, zu rekonstruieren. Somit verkörpert eine Schichtenfolge zunächst nur eine Ereignisfolge, die nun aber mit dem Zeitablauf generell gleichgesetzt wird. Diese Arbeitsweise ist darin dokumentiert, daß man unter „Muschelkalk" sowohl einen — kontinuierlichen — Zeitabschnitt der Erdvergangenheit versteht, als auch die (uns heute überlieferten) darin — diskontinuierlich — abgelagerten Gesteine.
Das Erbe des physikalisch, chemisch und biologisch zu definierenden und damit räumlich abzusteckenden Sedimentations-Milieus ist in der *Fazies* verkörpert, d. h. in der Summe aller primären Eigenschaften des Gesteins. — Eine Detailfrage des Problem-Kreises „Fazies-Analyse" gilt nun der Abschätzung der Ausgangslage des Beckenbodens zu einem fiktiven Normal Null (NN) und, davon ausgehend, der bathymetrischen Entwicklung.
Der Arbeitsweg besteht in einem minutiösen Sammeln von Einzelheiten, Mosaiksteinchen gleich, die es sinnvoll zusammenzusetzen gilt. Bei dieser Interpretation, die „aktualistisch" am Geschehen der Gegenwart orientiert ist, bedient man sich sog. „Sedimentationsmodelle" (vgl. Kap. 5).

2. *Der räumliche und zeitliche Rahmen*

Die *marine* Entstehung der Muschelkalk-Sedimente ist seit langem bekannt und unbestritten. Auch die ungefähren Küsten-Linien dieses Meeres wurden schon früh aus der Verbreitung der Schichten bestimmt. Die großräumliche Verteilung von Mächtigkeiten und von großzügig auskartierten Fazies-Bereichen gestattete schließlich schon früh die Rekonstruktion von Meeres-Ingressionen und Vorstoß-Richtungen. (Abb. 1). Einzelheiten brauchen hier nicht wiederholt zu werden.

Auch der zeitliche Rahmen ist — stratigraphisch gesehen — genau bekannt: die klastischen Serien des Buntsandsteins im Liegenden und des Keupers im Hangenden schachteln die weitgehend chemische Schichtenfolge des Muschelkalkes ein. (Vgl. S. 63).

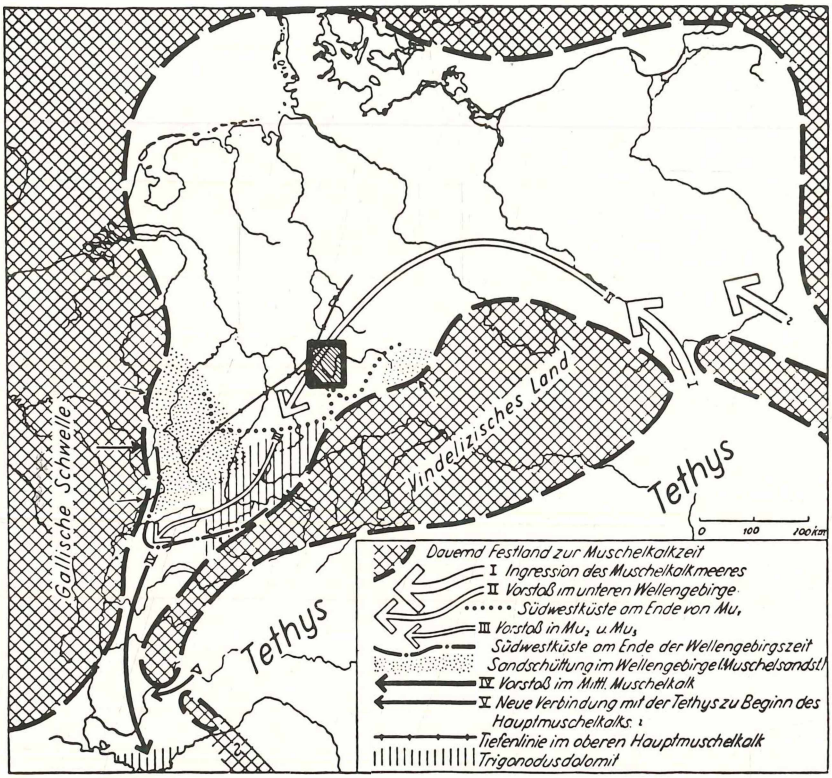


Abb. 1: Die Lage des Arbeitsgebietes im Raume des Germanischen Muschelkalkes. — Eingetragen in eine alte Darstellung aus G. WAGNER (1960: Abb. 413).

Absolut betrachtet, ist die Dauer der Muschelkalk-Zeit indessen unbekannt. Angaben zur Länge der gesamten Trias (weltweit) schwanken zwischen 48 und 32.5 Mio. Jahren. (I. U. G. S. 1968). Somit käme man bei einer — wohl kaum berechtigten — Drittelung auf 11 bis 16 Mio. Jahre für den Muschelkalk. (Tab. 1, A). Absolute Altersbestimmungen liegen in unserem Raum nicht vor. Sie sind (aus verschiedenen Gründen) auch nicht zu erwarten.

Die in dieser Zeit abgelagerte Sediment-Mächtigkeit im Würzburger Raum kann mit insgesamt etwa 220 m angegeben werden. (RUTTE et al. 1957 bis 1967). In Unterfranken schwankt sie etwa zwischen 200 und 265 m. (EMMERT 1964). Mächtigkeits-Änderungen in der Größenordnung von 10 m kommen im Würzburger Raum schon im Meßtischblatt-Bereich vor.

Zusammenfassend könnte man damit für den Muschelkalk des Würzburger Raumes die Bildung von größenordnungsmäßig 1,4 bis 2,0 cm Festgestein pro 1000 Jahre errechnen. (Tab. 1, A).

Andererseits liegt ein pauschaler Schätzwert für epikontinentale Bereiche in Westeuropa (Paläozoikum und Mesozoikum) nach SEIBOLD (1964: 315) bei 3 cm / 1000 a. Diesem Wert könnte man sich — spekulierend! — auch für den hiesigen Muschelkalk nähern, wenn man auf die schon oben als fraglich bezeichnete paritätische Drittelung verzichtete. Danach würden 3 cm Festgestein / 1000 a eine Dauer von etwa 7.3 Mio. Jahre für den hiesigen Muschelkalk bedeuten. (Tab. 1, B).

Kalkuliert man nun die zu erwartende Muschelkalk-Mächtigkeit auf der Basis des von SEIBOLD (1964: 497) mitgeteilten (weltweiten) Mittelwertes für *heutige* Kalkschlamm-Sedimentation — etwa 2,4 cm nasses Sediment / 1000 a — so käme man, zeitabhängig, auf 264 bis 384 m frisches Muschelkalk-Sediment. (7.3 Mio. Jahre würden auf dieser Grundlage indessen 175,2 m frisches Sediment ergeben, weniger also als die tatsächliche Mächtigkeit!) Errechnet man andererseits auf dieser Grundlage die Muschelkalk-Dauer, so kommt man, bei Ignorierung der Kompaktion u. a., auf etwa 9,2 Mio. Jahre. Unter Annahme einer — bei Tonen (!) gemeinhin postulierten — 50%igen Kompaktion infolge postsedimentärer Diagenese würde man, in Fortsetzung des ersten Schrittes, 132—192 m (87,6 m) heutigen Muschelkalk errechnen. (Tab. 1, F — I).

Indessen liegen zu diesem Fragenkreis „Kompaktion" in unserem Raume praktisch weder Gelände-, noch Laborbefunde vor. Ihm wird deshalb in der Zukunft größere Aufmerksamkeit geschenkt werden müssen. (Vgl. S. 68) Ansatzpunkte — zumindest für einen Teilbereich — könnte u. a. die Klärung der Genese von Lösungsrippeln und Sigmoidalklüftung des Wellenkalkes liefern. (VOSSMERBÄUMER, 1969).

In einer jüngst von FISCHER (1969) publizierten Arbeit schließlich werden für die Sedimentation von vollständig kompaktierten Flachwasser-Karbonatgesteinen etwa 13 bis 200 Bubnoff-Einheiten angegeben. (Eine Bubnoff-Einheit ist definiert als 1 mm / 1000 a bzw. 1 m / 1 Mio. a) Anhand dieser

		A	B	C	D	E	F	G	H	J
DAUER (Mio. Jahre) TRIAS		32 - 48	?	?	?	?				
	M	11 - 16	7.3	4.4 - 6.6	1.8 - 2.6	≷ 2	11 - 16	7.3	11 - 16	7.3
MÄCHTIGKEIT (Meter)	fest	220	220	220	220	220			132 - 192	87.6
	frisch	?	?				264 - 384	175.2		
SEDIMENTATIONS - RATE	fest 1000 a.	1.4 - 2 cm	3 cm			1.3 - 20 cm			(50 % Kompaktion)	
	1 cm	715 - 500a.	333 a.	200 - 300a.	80 - 120 a.					
	frisch						2.4 cm / 1000 a.			

Tabelle 1 (Vgl. Text auf S. 59 f.)

Daten würden für die Sedimentation des Würzburger Muschelkalk-Profiles weniger als 2 Mio. Jahre ausreichen. (Tab. 1, E). Etwa diese Größenordnung errechnete schon G. WAGNER (1913), als er auf anderem Wege für den Hauptmuschelkalk 1 Mio. Jahre veranschlagte. (Tab. 1, C—D; vgl. S. 62).
Die Tab. 1 gibt noch einmal eine Zusammenstellung der hier diskutierten Daten. Dabei wurde bisher bewußt — neben vielem anderen — die Tatsache heteroper Fazies im hiesigen Muschelkalk übergangen. Der dieserart dargestellte zeitliche Spielraum ist dennoch (oder gerade deshalb?) beträchtlich. Insofern könnte es als relativ müßig angesehen werden, bathymetrische Entwicklungen aufzeigen zu wollen, solange die betreffenden Zeiträume nicht einmal in der Größenordnung bekannt sind.
Vielleicht kann man die obigen Zahlen aber doch so weit interpretieren, daß man für den hiesigen Muschelkalk insgesamt eine durchaus normale, epikontinentale Sedimentation, ohne verborgene große Unterbrechungen, annehmen kann. Diese Hypothese soll bei der Beschreibung des Muschelkalk-Meeres einmal zugrundegelegt werden. Was aber heißt das?

3. Zeitfolgen

Das im Rezenten verfolg- und meßbare Wechselspiel von Sedimentation und Erosion in Raum und Zeit ist im Fossilen durch vertikale und horizontale Fazies-Wechsel, durch innere und echte Diskordanzen und — verborgener — durch Schichtgrenzen dokumentiert. Unter diesem Gesichtspunkt sei, anhand eines willkürlich ausgewählten Steinbruch-Profiles, zunächst die Bedeutung der betrachteten Dimension aufgezeigt:

In den Abb. 2 B bis E ist der betrachtete (relativ isope) Sediment-Stapel durch (markanter gezeichnete) Bankungs- und Schichtfugen gegliedert. Auf die Bankungs-Genese sei hier nicht eingegangen. Indessen zeigt schon die Gegenüberstellung durchaus unterschiedliches Geschehen in zunächst identisch erscheinenden Bänken: So beinhalten die vier, in etwa vergleichbar mächtigen Packen in Abb. 2 C, die bei oberflächlicher Betrachtung als identisch erscheinen, insgesamt wenigstens 11 unterschiedliche Sedimentationsvorgänge. Allein die untere Bank könnte sechs individuelle Perioden verkörpern, während ihre Dachbank relativ einheitlich sedimentiert erscheint. — So wird hier, bei megaskopisch isoper Fazies, allein aus dem texturellen Befund auf unterschiedlich lange Sedimentationszeiten bei gleicher Profil-Mächtigkeit geschlossen werden dürfen.

Auch im kleineren Bereich zeigen sich Differenzen: Was in Abb. 2 D als angenähert gleichmäßig plattig und wohl-gebankt erscheint, wird in Abb. 2 E als unstetig sedimentierte, flaserige Schichtenfolge entlarvt. Kleine Rinnen, lokale Schill-Konzentrationen, vor allem aber die eingeschlichteten vollkörperlichen (endogenen) Spurenfossilien zeigen an, daß hier unter dem Gesichtspunkt der Sedimentationsdauer zunächst 1 cm Profil nicht mit dem folgenden (lithologisch) isopen Zentimeter gleichgesetzt werden darf.

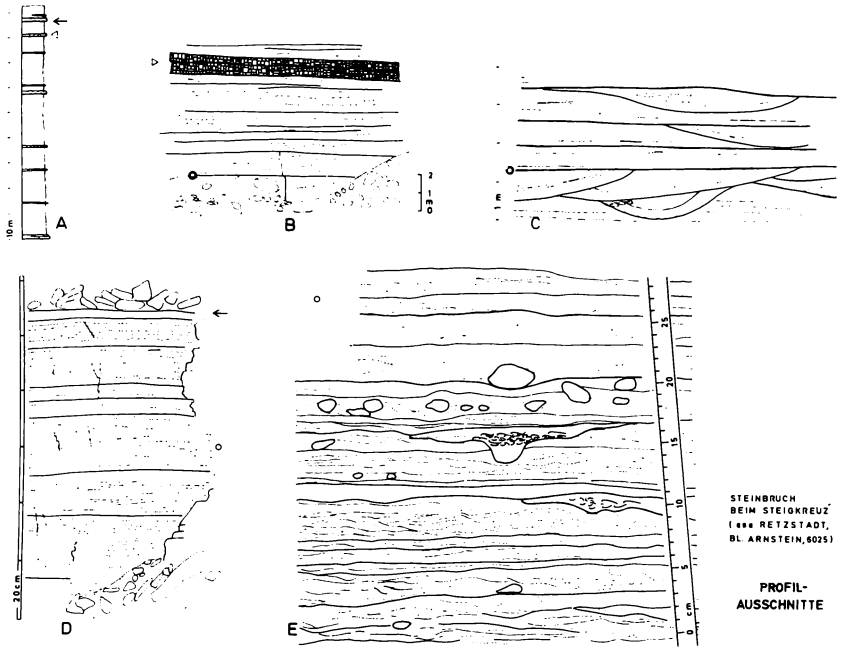


Abb. 2: Nach Gelände-Fotos gezeichnete Profil-Ausschnitte (B bis E) aus der Schaumkalkbank-Region ese Retzstadt. A stellt schematisiert das Wellenkalk-Normalprofil dar, in das nur die Leitbänke eingetragen wurden.

Erosion, Fazies-Wechsel und Spurenhorizonte sind in diesen Beispielen Indikatoren dafür, daß in den Schicht- und Bankungsgrenzen unterschiedliche Zeiträume stecken.

Welcher Zeitraum aber allein in 1 cm „dichtem" Kalk verkörpert sein kann, errechnete schon G. WAGNER (1913; 1936 *) aus dem Nebengestein von Placunopsiden-Riffen des Hauptmuschelkalkes. Unter Zugrundelegung von 2-(5*-)jähriger Placunopsiden-Lebensdauer steckt, nach der immmer wieder kopierten Rechnung, in 1 cm „gewöhnlichem" Muschelkalk (= 2 cm Placunopsiden-Riff) eine Zeitspanne von 80—120 Jahren (200—300 * a). Pauschalierend, könnten diese Zahlen bedeuten, daß die 28 cm Profil in Abb. 2 E etwa 2240 bis 3360 Jahre verkörpern (oder aber 5600—8400 * a), der eine Meter in Abb. 2 D etwa 8 000 bis 12 000 a (20 000—30 000 * a).

Diese Hochrechnung wird gewöhnlich weiter fortgesetzt. (Tab. 1, C—D). Das geschieht m. E. jedoch zu optimistisch. Einmal zeigt nämlich die räumliche und zeitliche Begrenzung dieser Riffe Sonderbedingungen an. Daß diese zudem in sich durchaus wechselhaft waren, wird durch die überall zu beobachtende individuelle Wachstums-Beschränkung, wie auch durch die verschiedenen Bau-Typen deutlich.

Es muß also für einen genau definierten Fazies-Typ mit verschiedenen Sedimentationsgeschwindigkeiten gerechnet werden. Verschiedene Fazies-Typen komplizieren das Bild dann erst recht. Während bisher — im Beispiel — 1 cm Placunopsiden-Riff mit etwa 40 bis 60 Jahren (100—150 * a) veranschlagt wurde, entsprechend 1 cm „gewöhnlicher" Muschelkalk mit 80—120 Jahren (200—300 * a), so kann andererseits 1 cm Schillkalk durchaus das Produkt weniger Minuten sein. In eine Maßeinheit umgerechnet, bedeutet dieser Gegensatz zwischen den beiden zuletzt genannten Fazies-„Typen" — auf der Basis von 30 Minuten — immerhin den Faktor (1,4 bis 2,1) x 10^6 (3,5 bis 5,2 x 10^6 *). Daß Schillkalk bzw. Fossil-Zusammenschwemmungen in ihrer Gesamtheit indessen nicht generell als kurzfristige Produkte angesehen werden dürfen, zeigen andererseits u. a. die in die Hauptterebratelbank des m_0 eingelagerten, bis kindskopfgroßen, Placunopsiden-Riffe sehr deutlich. Der sicherste Beleg sollte indessen das regionale Aushalten der stratigraphisch wichtigen Leitbänke sein. (s. u.)

Somit wird die Bedeutung der Frage nach den in Schicht- und Bank-Fugen steckenden Zeiträume sehr aktuell. REINECK (1960) hat früher anhand rezenter — allerdings klastischer — Gezeiten-Flachmeer-Sedimente errechnet, daß darin nur etwa 1 / 10 000 bis 1 / 100 000 der Gesamtbildungszeit dokumentiert ist.

Zu diesen Zeitspannen trägt der schon oben erwähnte Wechsel von Sedimentation und Erosion bei. Das aber schon bei sog. „kontinuierlicher" Sedimentation bestehende Fugen-Zeit-Problem wird bei Berücksichtigung der Erosion noch gravierender. Daß im Muschelkalk erodiert wurde, ist vielfältig belegt. Einzelheiten sind weitgehend unbekannt. Die Konglomeratbänke des

Wellenkalks beispielsweise sind Zeugnis wiederholter, umfangreicher Abtragung und Umlagerung.

Somit muß hier mit Sedimentation im „Pilgerschritt-Verfahren" gerechnet werden: das bedeutet letztlich Unkenntnis der wahren ursprünglichen Sedimentationsbeträge, und — bei der hier besonders interessierenden Frage — Unwissenheit darüber, wieviele Stadien einer bathymetrischen Entwicklung heute überhaupt durch Sediment belegt sind. Dabei würde eine primär-„kontinuierliche" derartige Zuordnung zunächst vorausgesetzt. Schließlich ist es m. E. durchaus eine echte Frage, was überhaupt fossil wird, bedenkt man diesen Wechsel von Sedimentation und Erosion.

Konnte bisher der zeitliche Gesamtrahmen schon nicht befriedigend abgesteckt werden, so werden auch die Fragen nach der Kontinuität der Sedimentation und nach deren Geschwindigkeit pauschal nur ungenügend beantwortet. Entsprechend problematisch ist die zeitliche Festlegung der Sedimentation und damit der Profil-Vergleich über größere Entfernung. Das Fehlen von Leitfossilien enthebt der Möglichkeit, mit der der biostratigraphischen Zeitrechnung eigenen (begrenzten!) Genauigkeit zu urteilen. Inwieweit die — zunächst regional — stillschweigend als jeweils „gleichzeitig" erachteten Leitbänke der Muschelkalk-Stratigraphie dieser Forderung genügen, kann mit Gewißheit (vorläufig?) nicht beantwortet werden. Sicher spielt die Größe des betrachteten Raumes eine entscheidende Rolle. So ist anerkannt, die Grenze Buntsandstein / Muschelkalk nicht als Zeit-, sondern als heterochrone Fazies-Grenze aufzufassen. (Vgl. S. 58). Darüber hinaus wird, allgemein, großräumige Fazies-Gleichheit als die Zeitgrenzen schneidend, d. h. heterochron, erachtet. Die Muschelkalk-Leitbänke sind allerdings durchaus in sich heterope und nur gegen Liegendes und Hangendes gleichmäßig anomale Profil-Abschnitte. Details müssen noch erarbeitet werden. Aussagen zur Korrelierbarkeit einzelner Abschnitte der zwischengelagerten Wellenkalkfolgen sind vorerst nicht möglich.

Die bisher genannten Daten sollten, zusammen gesehen, in ihrer ganzen Widersprüchlichkeit die Bedeutung des hier angesprochenen Problemkreises hinreichend beleuchten. Er wird durch die (zeitliche) Anonymität der Bank-Terminologie indessen maskiert.

4. Bathymetrie-Konzepte und Methoden

Das hier angeschnittene Problem der Wassertiefen ist alt. Die meisten Autoren, von TORNQUIST (1912) bis heute, haben die These einer flachmeerischen Entstehung, für unterschiedliche geographische Räume, vertreten. Dieser mehr oder weniger modifizierten Ansicht mögen als „Extreme" beispielsweise die Auffassungen von O. M. REIS (1909) und SCHMITT (1935) gegenübergestellt sein. REIS nahm für Franken Tiefen um 400 bis 500 m an. SCHMITT dagegen dachte, in bezug auf den unterfränkischen Wellenkalk, an eine gleichmäßig geringe Wasserbedeckung.

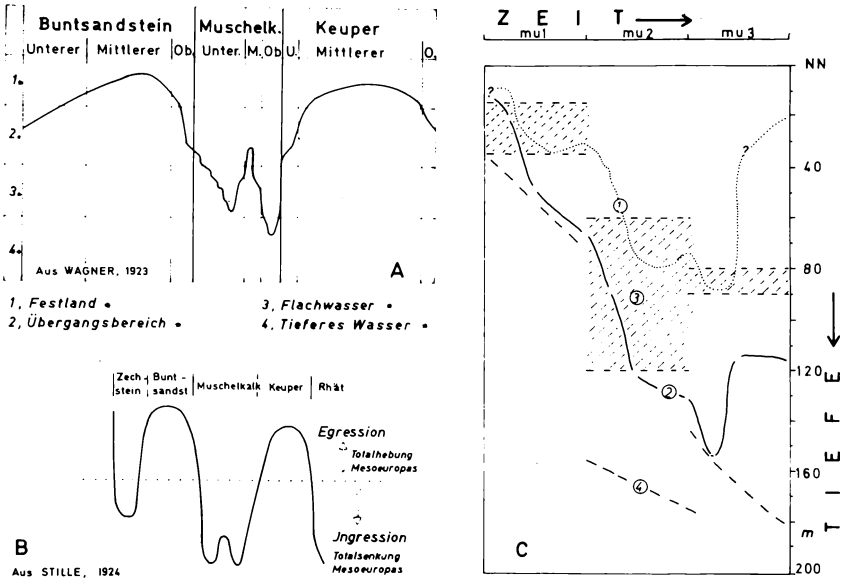


Abb. 3: Frühe Darstellungen zur bathymetrischen Entwicklung der Germanischen Trias. — A. WAGNER (1923); B. STILLE (1924); C. Graphische Darstellung der bei HALTENHOF (1962) angegebenen Vorstellungen über Wassertiefen während der Wellenkalk-Sedimentation (Kurve 1) und des daraus resultierenden Oszillogrammes des Beckenbodens (Kurve 2). Kurven 3 und 4 entsprechend nach HERBIG (1931).

Damit ist die Frage nach der Tiefen-Entwicklung in Raum und Zeit angeschnitten. Ein Hinweis auf die Tiefengliederung eines rezenten Flachmeeres, z. B. der Ostsee, erscheint hier angebracht.

Die Abb. 3 A und B zeigt die m. W. ersten differenzierten Tiefenkurven der Germanischen Trias. Die ohne Maßzahlen konzipierte Tiefenkurve E. WAGNERS (Abb. 3 A), von HIRSCHMANN (1959) wieder in die Diskussion gebracht, stellt zunächst eine pauschale Interpretation von Beobachtungen dar. Die im Prinzip vergleichbare Darstellung STILLES (Abb. 3 B) geht bereits einen Schritt weiter. Sie versucht eine genetische Interpretation dieser — noch verallgemeinerten — Tiefen-Entwicklung.

Damit ist ein weiterer Problem-Kreis angeschnitten: die vernünftige Einpassung der für (Einzel-) Raum und Zeit rekonstruierten Daten in ein großräumigeres Gesamtgeschehen. Die m. W. jüngste Darstellung der Tiefen-Entwicklung der gesamten epikontinentalen deutschen Trias hält gleichfalls an dem Flachmeer-Konzept fest. (WURSTER 1968). Neu erscheint darin die These von konstantem Wasserspiegel in einem flachen Becken *über stetig absinkenden Krustenstreifen.* „Die bunte Vielfalt (der) Ablagerungen kann

auf geringfügige Verschiebungen des Bildungsbereiches um den Meeresspiegel zurückgeführt werden" (l. c.: 157).

Es ist indessen zunächst nicht auszuschließen, daß Einzelräume individuelle Entwicklungen zeigen. So kann im Wechselspiel der großräumliche Befund regionale Arbeiten beeinflussen. Entsprechend werden aus dem Regionalen wertvolle Modifizierungen des Gesamtbildes erwartet.

Zwei etwa vergleichbare — jetzt „fränkische" — Kurven zeigt z. B. die Abb. 3 C. Darin hat Verf. die bei HALTENHOF (1962) und bei HERBIG (1931) im Text für den Wellenkalk mitgeteilten Vorstellungen graphisch darzustellen versucht. Neu ist dabei die Zuordnung von absoluten Tiefen-Angaben. Indessen sei schon hier bemerkt, daß relativ gesicherte Kurvenpunkte dort eingetragen sind, wo das Profil spektakulär ist, d. h. bei gescharten Konglomeratbänken, bei Schillkalken, bei Ooid-Vorkommen. Im Bereich der das Profil weitgehend aufbauenden „dichten" Kalke indessen ist noch viel Arbeit zu leisten.

Zur Veranschaulichung der dort genannten Tiefen sei darauf hingewiesen, daß 80 m in etwa der Höhe der Würzburger Festung über dem Main entsprechen, daß in dieser Größenordnung die Talflanken nördlich Würzburg über den Main aufragen. Andererseits muß gesagt werden, daß diese, doch geringen Wassertiefen in der heutigen westlichen Ostsee nicht erreicht werden.
Der Weg, zu Tiefen-Angaben zu gelangen, ist zunächst prinzipiell einfach. Die Aussage-Genauigkeit ist indessen vielfach problematisch. Man geht davon aus, daß einerseits bestimmte sedimentäre Gefüge, Strukturen und Texturen, im Rezenten bisher nur in Wassertiefen einer gewissen Größenordnung angetroffen wurden. Hierher gehören beispielsweise die oben genannten Parameter. Weiterhin sind Organismen aus ökologisch-ethologischen Gründen an bestimmte Lebensräume gebunden. Im Analogie-Schluß überträgt man diese Tiefen auf fossile Verhältnisse.

Auf diese Weise sind in den letzten Jahren, vielfach ohne Berücksichtigung des Rahmens, wiederholt lokale Flach- und Flachstwasser-Rekonstruktionen für unterschiedliche Horizonte ausgesprochen worden. Zudem traten Thesen in den Vordergrund, die für — teilweise wiederholtes — Trockenfallen von Muschelkalk-Meeresböden plädierten. Indessen wurden mit zunehmender maringeologischer Forschung immer mehr — früher absolut „sichere" — Einzelkriterien in ihrer Aussagekraft beträchtlich geschmälert. Als Beispiele seien hier nur Rippelmarken und Trockenrisse genannt (vgl. VOSSMERBÄUMER 1967).
Konsequenterweise wird nun die Betonung auf Merkmalsgruppen gelegt werden müssen, d. h. intensive, detaillierte Fazies-Kartierungen werden erforderlich (vgl. AUST 1969). Endlich ergibt sich die Notwendigkeit einer strikten Trennung von Befund und Interpretation der zudem nach Raum und Zeit aufgeschlüsselten Daten. Damit wird auch für nachfolgende Bearbeiter ein Fundus geschaffen, auf dem gegebenenfalls neue, vor einem anderen Hintergrund ansetzende, Ausdeutungen aufbauen können. Es versteht sich, daß mit dieser Forderung die Notwendigkeit vereinheitlichter

Arbeitsmethoden, Klassifikationen und Nomenklaturen verbunden ist, auf die hier aber nicht eingegangen werden kann.
Die bisherigen Tiefen-Darstellungen sind Rekonstruktions-Versuche. Vor dem oben aufgezeigten Hintergrund sind — zumindest regionale — Modifizierungen oder Änderungen zu erwarten. Es bleibt allerdings zu fragen, wie detailliert das Bild ist, mit dem man rechnen darf, wie sinnvoll z. B. auf ein NN bezogene Daten überhaupt sind.
Vielleicht hilft in diesem Zusammenhang ein Beispiel weiter: Selbst in der gezeitenfreien Ostsee, bei Kiel, werden Wasserstands-Schwankungen bis zu 5 m gemessen. An der schleswig-holsteinischen Westküste liegen die Extrem-Werte um 7 m — bei normalen Tide-Differenzen von 1 bis 2 m. (Vossmerbäumer 1966: 81). Derartige Schwankungen sind u. a. abhängig von Gezeiten-Wirkung, von Küstenform und -nähe, Wassertiefe, Länge des „fetch". Wahrscheinlich sind sie von geologisch weit größerer Bedeutung als normale Verhältnisse (vgl. S. 62).

5. Ein Modell

Für die eingangs erwähnten Modelle sei im Folgenden ein Beispiel näher erläutert. Es geht ursprünglich auf v. Bubnoff (1931) zurück. In jüngerer Zeit haben Seilacher & Meischner (1965) mit seiner Hilfe eine Fazies-Analyse im Paläozoikum des Oslo-Gebietes durchgeführt.

Die einfache Modell-Vorstellung geht von der Annahme aus, daß in einem Sedimentationsbecken die Zusammenhänge zwischen Wassertiefe, Sediment-Mächtigkeit und Tiefenlage des Beckenbodens ausgedrückt werden können als

Wasser-Tiefe + Sedimentmächtigkeit = Tiefe des Beckenbodens.

Die rein geometrische Konstruktion derartiger, zu Oszillogrammen des Beckenbodens ausbaufähiger Inventurketten kann zunächst zwei grundsätzliche Möglichkeiten berücksichtigen:

1. Der Beckenboden sank — in einem zu betrachtenden Zeitabschnitt — mit gleichbleibender Geschwindigkeit ab (vgl. Wurster 1968).
2. Alle Sedimente wurden — in einem zu betrachtenden Zeitabschnitt — in unmittelbarer Nähe des Meeresspiegels abgelagert (vgl. Schmitt 1935).

Im Falle von (1) resultiert aus dieser Konstruktion gegebenenfalls die bathymetrische Entwicklung — theoretisch — eines geographischen Ortes in der Zeit. Ausgehend von (2) erhält man Schwankungen des Beckenbodens an — theoretisch — einem Ort in der Zeit.
Beide Konstruktions-Ergebnisse werden anschließend überprüft: im Falle von (1) mit Hilfe einer Fazies-Analyse, im Falle von (2) unter zusätzlicher Berücksichtigung der tektonischen Entwicklung des Gesamtrahmens. Unstimmigkeiten zwischen Befund und Interpretation einerseits und Konstruktions-Ergebnis andererseits sollten auf falschen Ausgangs-Daten und -Hypothesen beruhen und konsequent neue Fragen aufwerfen.

Das Modell hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit. So ist in unserem Beispiel der einzig eingegebene Parameter bei beiden rein geometrisch gewonnenen Oszillogramm-Typen das auf der Ordinate aufgetragene Normal-

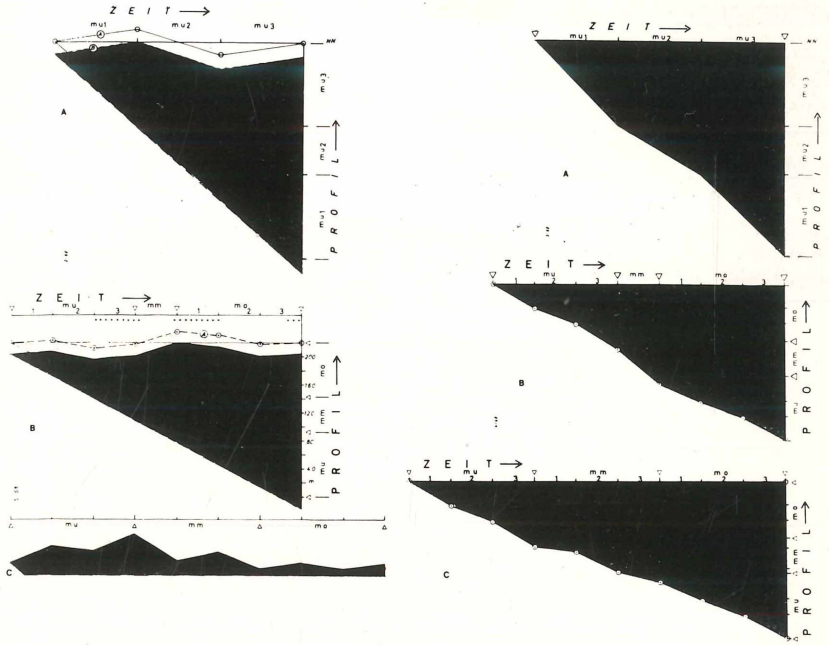


Abb. 4: Geometrische Rekonstruktion von Oszillogrammen für den mainfränkischen Wellenkalk bzw. den gesamten Muschelkalk. Ohne Berücksichtigung von Setzung, Heteropie der Fazies usw. Vgl. Text auf S. 67

profil durch den hiesigen Muschelkalk. (Abb. 4) Die Berechtigung zum Konstruktions-Beginn in NN möge zunächst aufgrund des durch die „festländischen" Sedimente von Buntsandstein und Keuper gegebenen Rahmens für den marinen Muschelkalk zugestanden werden. Das Modell dient somit heuristischen Zielen.

6. Ausblick

Der Vergleich der Kurven aus Abb. 4 mit denen aus Abb. 3 läßt zunächst vergleichbare Trends erkennen. Es wäre indessen falsch, allein aus dieser Ähnlichkeit auf „Richtigkeit" der Darstellungen schließen zu wollen. Vielmehr entsteht eine Reihe von Fragen, die teilweise schon in anderem Zusammenhange hier aufgeworfen wurden:

In Hinblick auf den oben abgesteckten Rahmen dürfen an sich nur die Konstruktionen für den gesamten Muschelkalk berücksichtigt werden. So wurden die Wellenkalk-Darstellungen in Abb. 4 und 5 auch nur unter methodischen Gesichtspunkten konstruiert. Aufgrund derselben Ausgangsdaten genügt hier schließlich die Betrachtung der ersten Kurven-Serie (Abb. 4, A bis C).

Dabei zeigt sich, daß bei einphasiger, stetiger Absenkung des Beckenbodens unter den gegebenen Voraussetzungen Wassertiefen um 80 m nicht erreicht werden können. Weiterhin gerät dabei die Kurve der Sediment-Oberfläche über das hypothetische NN. Deshalb muß der gesamte Kurvenzug um 10 bis 20 m unter NN verlegt werden, um irreale Verhältnisse auszuscheiden. Dieser Schritt würde also für den Sedimentationsbeginn des Wellenkalkes Tiefen um 10 bis 20 m unter NN voraussetzen. Schließlich wird, gleichfalls konstruktionsbedingt, deutlich, daß mit zunehmender Differenzierung des Profils und damit der Zeitskala, ein um so gegliederteres Bild der bathymetrischen Entwicklung entstehen muß.
Es ist in diesem Zusammenhang relativ unbedeutend, daß i. a. mit zunehmender Differenzierung eines Profiles seine stratigraphische Vergleichbarkeit mit entfernteren geringer wird. Weit wesentlicher sind die im Bereich der als Abszisse aufgetragenen Zeitskala entstehenden stratigraphischen Fragen: Was bedeutet die Einteilung in mu_1, mu_2, mu_3 etc. eigentlich? Ist diese Gliederung genetisch überhaupt sinnvoll? Oder stellt sie nur eine — willkürlich gewählte — Verständigungsmöglichkeit dar? Des weiteren muß die Frage nach der relativen Dauer dieser Abschnitte gestellt werden.
Mit der Beantwortung dieser Fragen aber steht und fällt das Konstruktions-Ergebnis dieser Oszillogramme.

Die eingangs erwähnten Thesen eines stetigen Beckenboden-Absinkens und ± gleichbleibender geringer Wasser-Tiefen wären theoretisch vereinbar bei Annahme einer Proportionalität von Mächtigkeit und Dauer. (Abb. 4, 5). Dieses Postulat aber widerspricht — bei Berücksichtigung der Dimensionen — allgemeingeologischer Erfahrung. Es bleibt indessen zu klären, ob für einzelne, kleinere Profil-Ausschnitte diese Proportionalität näherungsweise zutreffen könnte.

Für die Stützung allein der These gleichbleibender geringer Wassertiefen fehlen eigentlich fazielle Hinweise. Es ist bekanntlich in diesem Falle schwierig, das penetrante Auftreten der Leitbänke zu erklären.
Sollte allein die These einer stetigen (einphasigen) Absenkung aufrecht erhalten werden, müßte man innerhalb des Profiles entweder mit differentieller Kompaktion — d. h. wohl mit zeitlichen Hiatus — rechnen oder / und andere zeitliche Grenzen annehmen.

Da es sich somit im Prinzip um die Lösung einer Gleichung mit mehreren Unbekannten handelt, wurde in Abb. 5 zunächst spielerisch dargestellt, mit welchen Kurvenverlauf-Änderungen durch Variation der zeitlichen Verhältnisse und durch die Wahl anderer Bezugspunkte zu rechnen ist.

In Abb. 5 (A & C) wurde unter Beibehaltung der mu_1, mu_2, mu_3-Einteilung zunächst deren zeitliche Dauer variiert: Im Falle (1) wurde die Dauer proportional zur Mächtigkeit gesetzt, in (2) $mu_1 = mu_2 = mu_3$, in (3) — ein unwahrscheinlicher Fall — $mu_1 = mu_3 < mu_2$ und in (4) $mu_1 = mu_3 > mu_2$. Die Resultate bedürfen keines Kommentars. Anhaltspunkte da-

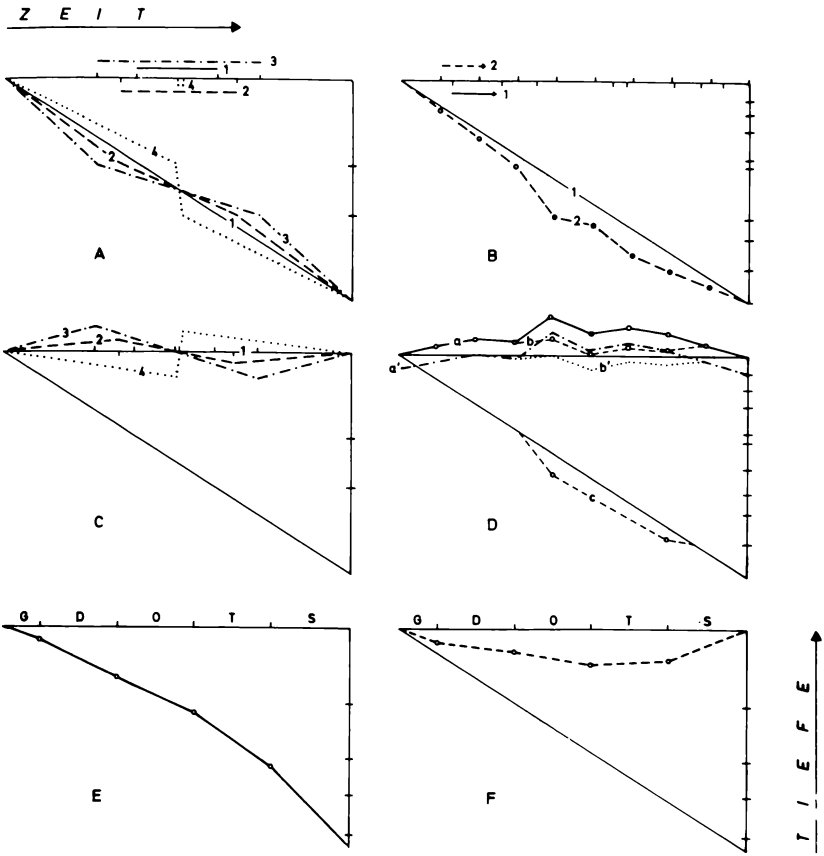


Abb. 5: Geometrische Rekonstruktion Bubnoff'scher Oszillogramme für den Wellenkalk unter Veränderung zeitlicher Relationen und zeitlicher Bezugspunkte. Vgl. Text auf S. 68

für, dem unteren Wellenkalk eine längere Dauer als dem mittleren zuzuschreiben, könnten — ohne Detail-Kenntnis — aus den Mächtigkeits-Differenzen, aus der Häufigkeit der Konglomerat-Lagen (vgl. Abb. 7, B) und aus der Transgressions-Geschwindigkeit des Muschelkalk-Meeres abgelesen werden.

So beträgt die Profil-Differenz zwischen dem Würzburger Raum (Dentalienbank) und dem etwa 100 km entfernten Mosbacher Gebiet (Mosbacher Grenzschichten) etwa 25 m. Andererseits ergeben sich beim Vergleich von Mosbach und Freudenstadt 10 m Differenz bei 150 km Entfernung. Das bedeutet zunächst 10 m Profil bei 40 km „Transgression" und im zweiten Schritt 10 m Profil bei 150 km Vor-

rücken der Muschelkalk-Fazies. Deshalb könnte man mit zunächst allmählichem, dann schnellerem Absinken des Beckenbodens rechnen.

In Abb. 5 B & D wurden als Bezugspunkte die Leitbänke des Wellenkalkes gewählt. Im Falle (1) bzw. (a) ist wieder Proportionalität vorausgesetzt, in (2) bzw. (b) wurden konstante zeitliche Zwischenräume, ungeachtet der Profilmeter-Abstände, angesetzt. Die Oszillogramme werden entsprechend differenzierter. Indessen bedarf es zur Ausgleichung der Kurve (a in b) der Hilfskonstruktion einer mehrphasigen Absenkung. (c)
In Abb. 5 E und F schließlich wurden die von HALTENHOF (1962) geochemisch begrenzten „Regionen" als Bezugspunkte gewählt. (Grenzgelbkalk-, Dentalien-, Oolith-, Terebratel- und Schaumkalkregion. Diese Regionen sind i. a. nicht durch Leitbänke begrenzt.) Setzt man — zunächst willkürlich! — 2 G = D = O = T = S, so erhält man geometrisch die in E und F dargestellten Oszillogramme.
Es ist sachlich nur verständlich, daß die Bearbeitung des Muschelkalkes immer wieder an den Leitbänken, als den markantesten Profil-Abschnitten, ansetzt. Und es ist gleichfalls einzusehen, wenn derartige Lagen zunächst näherungsweise mit flacherem Wasser identifiziert werden. Geht man deshalb im Gedanken-Experiment so weit, alle Leitbänke einer konstanten Wassertiefe zuzuschreiben, ergeben sich die in Abb. 6 dargestellten grundsätzlichen *Grenz*-Möglichkeiten. — Die einphasige Absenkung (a*) des Beckenbodens galt hier — rein geometrisch — bisher als relativ unwahrscheinlich. Die mehrphasige, treppenförmige, Absenkung (b*) ergibt sich, wenn man bei konstantem NN die Wellenkalkfolgen zwischen den Leitbänken „unterbringen" will.

In Abb. 7 A sind die Mächtigkeiten der Wellenkalkfolgen (als Bankbasis-Abstände) und die Leitbank-Mächtigkeiten gegen das Profil aufgetragen. Zusätzlich wurden Zeitskalen aus Tab. 1 übernommen, um einmal eine Übersetzung von Mächtigkeiten in Zeit anzubieten und um gleichzeitig den zeitlichen Unsicherheitsfaktor zu betonen.

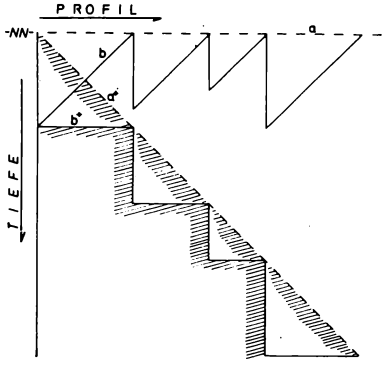


Abb. 6: Vgl. Text auf S. 70

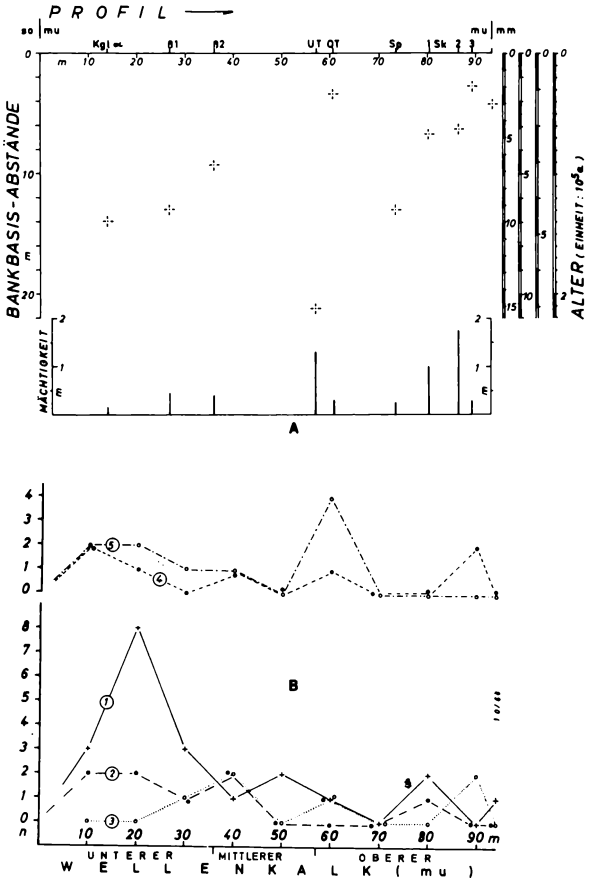


Abb. 7: A. Bankbasis-Abstände und Einzelmächtigkeiten der Leitbänke des Wellenkalkes. (Vgl. Text auf S. 70) B. Parameter-Häufigkeit (auf der Ordinate) im Wellenkalk Mainfrankens (Abszisse) nach Angaben von Rutte (1957), Haltenhof (1962) und Wilczewski (1967): 1. Konglomerat-Bänke; 2. Crinoiden-Anreicherungen; 3. Ooid-Vorkommen; 4. Spurenhorizonte; 5. Hardgrounds. (Vgl. Text auf S. 73).

Allen bisher diskutierten Modellen gemeinsam ist die Annahme einer zwar modifizierten, aber letztlich kontinuierlichen Absenkung. Hierfür jedoch fehlt zunächst, allgemeingeologisch gesehen, die Rechtfertigung. Wahrscheinlicher ist auch hier ein Auf und Ab, eine Absenkung des Beckenbodens im Pilgerschritt-Verfahren (vgl. S. 70).
Alleiniger Ansatzpunkt zur Beantwortung der hier aufgeworfenen Fragen

kann nun die Fazies-Analyse sein. Weiterhin zeigte sich, daß sich ein desto differenzierteres Bild rekonstruieren läßt, je kleiner die betrachteten Teilstücke werden. Innerhalb derartiger — durch Faziesgrenzen festgelegter oder abgrenzbarer — Einheiten sollte es von Fall zu Fall möglich sein, den Zeitfaktor näherungsweise abzuschätzen. (Vgl. G. WAGNER 1913; RICHTER-BERNBURG 1960). Hier sollte, wenn überhaupt, das Setzungsverhalten studiert werden können. Hier muß, bei Anwendung paläoökologischer Arbeitsmethoden, die Wahrscheinlichkeit für bathymetrische Indizien am größten sein. Die schließlich den gesamten Muschelkalk umfassende Synthese

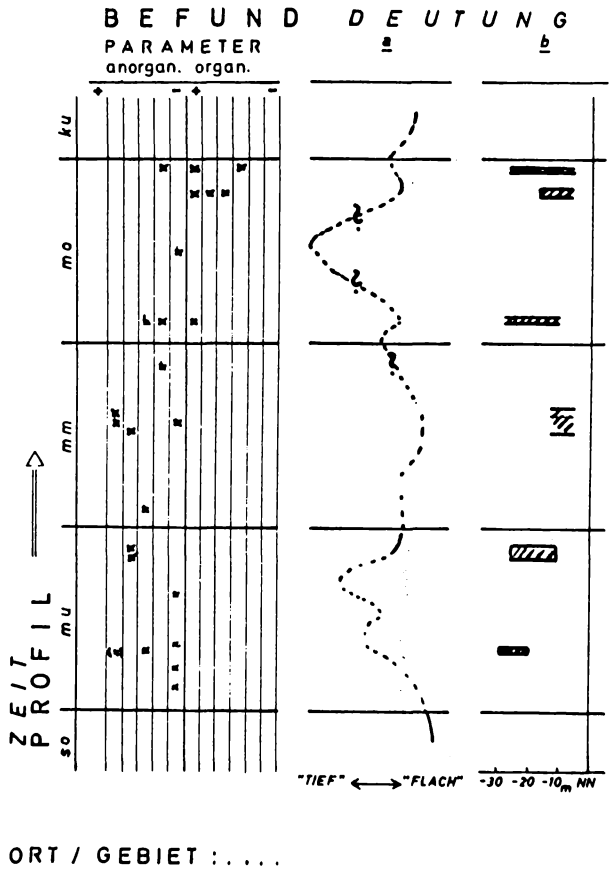


Abb. 8: Schematische Darstellung eines hier vorgeschlagenen Arbeitsganges zur Bathymetrie-Rekonstruktion.

müßte auf einer Reihe von Integrationen über kleinere Teilbereiche beruhen. Beginnen aber muß sie im kleinen Profil-Ausschnitt!

Darstellungen in der Art der Abb. 7 B mögen zunächst einen Anhaltspunkt für die Wahrscheinlichkeit einer Bathymetrie-Rekonstruktion geben.*) Differenziertere Versuche sollten sich für den gesamten Muschelkalk, wie auch für Teilbereiche, auf Schemata in der Art der Abb. 8 stützen. Eine günstige Ausgangsbasis dafür schaffen in Formblättern gesammelte, auch für zukünftige Bearbeiter verwertbare, Daten-Sammlungen (vgl. BOUMA 1962).

Bisher wurde immer von der theoretisch zu fordernden, möglichst kleinräumigen Analyse gesprochen. Das ist aber schon aus Aufschluß-Gründen nur selten zu erfüllen. Insofern kommt der (fossilen) submarinen Morphologie Bedeutung zu.
Dieser Frage kann mit konventionellen Methoden nachgegangen werden: durch gegenseitige Abgrenzung im Großen heteroper Fazies-Körper, durch Richtungs-Studien usw. Ein anderer, vielleicht eleganterer, Weg besteht in Bankungs-Studien (vgl. SEIBOLD 1952). Diese Untersuchungen sind gerade deshalb für den (mainfränkischen) Muschelkalk interessant, weil hier der — zumindest so verstandene — Antagonismus zwischen Flachmeer-Interpretation einerseits und andererseits sehr weit aushaltenden Leitbänken besteht. Was besagt es jedoch, wenn eine in sich heterope und nur gegen Hangendes und Liegendes gleichmäßig „anomale" Bank von etwa 10 cm Mächtigkeit (z. B. die Spiriferinabank des mu_3) über Tausende von Quadratkilometern verfolgbar ist? Ist sie isochron? Sind auch die weniger spektakulären Bänke zwischen den Leitbänken verfolgbar oder aber wenigstens zu korrelieren?
Damit ist diese Studie an ihrem Ausgangspunkt angelangt. Detailliertere Fazies-Untersuchungen sind vorerst in Mainfranken erforderlich, ehe differenziertere Bilder von der bathymetrischen Entwicklung des hiesigen Muschelkalk-Meeres gezeichnet werden können.

*) Danach sind beispielsweise die „fränkischen" Kurven relativ wahrscheinlich. Indessen darf die Daten-Sammlung nicht als vollständig aufgefaßt werden.

Literatur:

Aust, H., 1969: Lithologie, Geochemie und Paläontologie des Grenzbereiches Muschelkalk-Keuper in Franken
Abh. Naturw. Ver. Würzburg, **10**, 1—176, Würzburg 1969

Bouma, A. H., 1962: Sedimentology of some Flysch deposits. — Elsevier, Amsterdam.

Bubnoff, S. v., 1931: Grundprobleme der Geologie. — Bornträger, Berlin.

Emmert, U., 1964: Muschelkalk. — In: Erl. Geol. Karte Bayern 1 : 500 000. 2. Aufl., München.

Fischer, A. G., 1969: Geological time-distance-rates: The Bubnoff-Unit. — Geol. Soc. America Bull., **80**: 549—552, Boulder.

Haltenhof, M., 1962: Lithologische Untersuchungen im Unteren Muschelkalk von Unterfranken. — Abh. Naturw. Ver. Würzburg, **3**, 1: 1—124. Würzburg.

Herbig, Ph., 1931: Die Dynamik des deutschen Muschelkalkmeeresbodens. — Beitr. phys. Erforsch. Erdrinde, **4**, Preuß. geol. L.—A., 6—225, Berlin.

Hirschmann, Ch., 1959: Über Conodonten aus dem Oberen Muschelkalk des Thüringer Beckens. — Freib. Forsch.-H., C **76**: 34—86. Berlin.

I. U. G. S., 1968: Vergleichende Tabelle der letzten veröffentlichten geochronologischen Zeitskalen der phanerozoischen Epochen. — Z. angew. Geol., **14**, 8: 440—442, Berlin.

Knetsch, G., 1963: Geologie von Deutschland. — Enke, Stuttgart.

Müller, A. H., 1950: Stratinomische Untersuchungen im Oberen Muschelkalk des Thüringer Beckens. — Geologica, **4**, 1—72, Berlin.

Reineck, H. E., 1960: Über Zeitlücken in rezenten Flachmeer-Sedimenten. — Geol. Rdschau, **49**, 1: 149—161, Stuttgart.

Reis, O. M., 1909: Beobachtungen über Schichtfolgen und Gesteinsausbildung in der fränkischen Unteren und Mittleren Trias. — Geogn. Jh., **20** (1909): 1—284, München 1910.

Richter-Bernburg, G., 1960: Zeitmessung geologischer Vorgänge nach Warwen-Korrelation im Zechstein. — Geol. Rdschau, **49**, 1: 132—148, Stuttgart.

Rutte, E., 1957: Einführung in die Geologie von Unterfranken. — Laborärzte-Verlag, Würzburg.

Rutte, E., 1965: Mainfranken und Rhön. — Sammlung geol. Führer, **43**, Bornträger, Berlin.

Seibold, E., 1952: Chemische Untersuchungen zur Bankung im unteren Malm Schwabens. — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **95**, 337—370, Stuttgart.

Seibold, E., 1964: Das Meer. — In: Brinkmann, R. (Hrsg.): Lehrbuch der Allgemeinen Geologie, Bd. **1**, Enke, Stuttgart.

Seilacher, A. & Meischner, D., 1965: Fazies-Analyse im Paläozoikum des Oslo-Gebietes. — Geol. Rdschau, **54**, 2: 596—619, Stuttgart.

Schmitt, Ph., 1935: Zur Petrogenese des fränkischen Wellenkalkes. — Chemie der Erde, **9**: 331—364, Jena.

Stille, H., 1924: Grundfragen der vergleichenden Tektonik. — Bornträger, Berlin.

Tornquist, A., 1912: Die Binnenmeerfacies der Trias. — Geol. Rdschau, **3**: 111—129.

Vossmerbäumer, H., 1966: Versuch einer Rekonstruktion von Bildungsbedingungen des unteren Lias in Schweden. — Inaug.-Diss. Kiel.

— 1967: Über ptygmatisierte Risse in rhätoliassischen Sedimenten von Hälsingborg (Schweden). — Meyniana, **17**, 96—100, Kiel.
Vossmerbäumer, H. & R., 1969: Über „gestriemte" Gerölle im unterfränkischen Wellenkalk. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 403—422, Stuttgart.
Wagner, E., 1923: Beitrag zur Bionomie und Faciesbildung des Muschelkalkes bei Jena. — Abh. preuß. geol. L.—A., **42** (1921): 381—432, Berlin.
Wagner, G., 1913: Zur Stratigraphie und Bildungsgeschichte des oberen Hauptmuschelkalkes Frankens und der unteren Lettenkohle in Franken. — Geol. Pal. Abh., **12**: 273—452, Jena.
— 1936: Riffbildungen als Maßstab geologischer Zeiträume. — Aus der Heimat, **49**: 156—165, Stuttgart.
— 1960: Einführung in die Erd- und Landschaftsgeschichte — 3., vermehrte Aufl., Öhringen.
Wilczewski, H. N., 1967: Mikropaläontologische Untersuchungen im Muschelkalk Unterfrankens. — Inaug.-Diss., Würzburg.
Wurster, P., 1968: Paläogeographie der deutschen Trias und die paläogeographische Orientierung der Lettenkohle in Südwestdeutschland. — Eclogae geol. Helv., **61**, 1: 157—166, Basel.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Herbert Vossmerbäumer, 87 Würzburg,
Institut für Geologie der Universität,
Pleichertorstraße 34

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins Würzburg

Jahr/Year: 1970

Band/Volume: 11

Autor(en)/Author(s): Vossmerbäumer Herbert

Artikel/Article: Zur bathymetrischen Entwicklung des Muschelkalk-Meeres in Mainfranken 57-76