Ein Vergleich der Muschelkalk- und der Liastransgression in Süddeutschland.

Von **M. Frank** (Stuttgart).

(Mit 2 Textfiguren.)

Eingehende Untersuchungen der faunistischen und faziellen Verhältnisse der Sedimente des Wellengebirges und des unteren Lias in Süddeutschland haben in den letzten Jahren weitgehende Darstellungen der Paläogeographie dieses Gebietes zur unteren Lias- und älteren Muschelkalkzeit gegeben. Für das Wellengebirge liegen besonders Untersuchungen von VOLLRATH über das Gebiet zwischen Meiningen und dem mittleren Schwarzwald vor. GEVERS behandelte den Muschelkalk am Nordwestrand des Böhmischen Massives und Verf. untersuchte das Wellengebirge im Bereich von Schwarzwald und Schweizer Tafeljura. Für den unteren Lias sind neben Untersuchungen lokaler Art (BECHTER, HERLIKOFER, SCHALCH, STEMMER) vor allem durch VOLLRATH solche zwischen Südwürttemberg und dem Kettenjura ausgeführt worden, während Verf. eine durchgehende Verfolgung einzelner Leithorizonte durch Baden, Württemberg und Bayern durchführte. Alle diese Arbeiten wurden nach der Methode der stratigraphischen Horizontverfolgung behandelt, deren Wesen darin liegt, einen Schichtkomplex von einem Punkt aus schrittweise von Aufschluß zu Aufschluß zu verfolgen und dabei die Fauna, die Fazies und die stratigraphische Lage einzelner Leithorizonte im Schichtverband besonders im Auge zu haben. Es wird hierdurch gewissermaßen die WERNERsche Methode der Faziesvergleichung mit der SMITHschen Faunenparallelisierung verknüpft und allerdings immer nur auf geringe Entfernungen angewandt. Auf diese Weise wird ein stratigraphisches Gerüst geschaffen, zu dem man auf anderem Wege, weder mit Hilfe der Faunenparallelisierung noch der Biostratigraphie, nie gelangt wäre, wenigstens sicher nicht in Gebieten, wo Fossilien zurücktreten oder gar völlig fehlen[1]). Ferner ergeben sich aus dem Verhalten der einzelnen Leithorizonte, der Schichtmächtigkeit, der Fazies sowie der Beschaffenheit der Fossilien interessante Schlüsse mit Bezug auf die paläogeographischen und bildungsgeschichtlichen Verhältnisse. Da nun beide Transgressionskomplexe sowohl der Muschelkalk- wie der Liastransgression einheitlich nach dieser Methode behandelt wurden, ist es äußerst interessant, die Ergebnisse der Untersuchungen zu vergleichen, d. h. die Art und Weise der Muschelkalktransgression der des Jurameeres gegenüberzustellen.

---

[1]) Ob ich mit dieser Methode „die Stratigraphie auf einen vor-Smithschen Standpunkt zurückgeschraubt“ habe, wie LANGE meint, überlasse ich dem Urteil der Fachgenossen.

Die neueren Untersuchungen über das Wellengebirge in den einzelnen Gebieten haben einmütig gezeigt, daß die Grenze Röt-Muschelkalk keine stratigraphische sondern eine Faziesgrenze ist. Muschelkalk, Rötmergel und z. T. Voltziensandsteine bzw. Plattensandsteine sind keine zeitlich sondern nur regional getrennte Bildungen. Es zeigt sich folgendes Faziesverhältnis:

→ Richtung des Sedimenttransports

Kontinentale Ablagerungen		teils kontinental, teils marin	marine Ablagerung
Rote Sandsteine	Rote Mergel	Rote und graue Mergel mit fossilführenden Dolomiten	Graue Mergel, Kalke und Dolomite mit marinen Fossilien

Am besten ist diese Faziesfolge aus unserer stratigraphichen Tabelle (vgl. S. 232) zu erkennen, sehen wir doch die fossilfreien, roten Mergel zwischen Myophorienschichten und gelben Grenzkalk von Südwestthüringen gegen NO in graue Mergel und Kalke mit marinen Fossilien übergehen (FRANTZEN, VOLLRATH); andererseits gehen diese roten Mergel gegen SO im Oberfränkischen in feldspatführende Arkosesandsteine über (GEVERS). Ganz dasselbe Verhalten beobachten wir vom MosbacherGebiet aus gegen W. Die Sandsteinfazies der Plattensandsteine greift gegen das nordöstliche Lothringen immer höher herauf und reicht dort bis zum Horizont der unteren Trochitenbank (= Konglomeratbank α des Mosbacher Gebietes = Dolomitbank α des Schwarzwaldes = Oolithbank α des Meininger Sedimentationsraumes). Die Myophorienbank des Mosbacher Gebietes liegt bei Wolmünster innerhalb der Voltziensandsteine. Ausläufer der Mosbacher Grenzschichten beobachten wir in Form fossilführender Bänkchen im Bereich der oberen Grenze des Buntsandsteins im Saargebiet[1]). Die Muschelkalkfazies geht also horizontal in Gesteine von Buntsandsteincharakter über. Noch deutlicher wird dies, wenn wir die Buntsandstein-Muschelkalk-Grenze vom Gebiet von Wolmünster aus gegen W, SW und NW verfolgen. Sie steigt in diesen Richtungen in immer höhere Horizonte, was schon GEVERS betont hat. Diese Grenze schneidet also die Schichtgrenzen diagonal. Auf Blatt Sierck besteht der untere Muschelkalk, dessen Grenze gegen den Voltziensandstein nicht scharf ist (VAN WERVEKE), aus Dolomiten und roten Sandsteinbänken, wobei die roten Sandsteinbänke m. W. bis heute noch keine marinen Fossilien geliefert haben, sondern nur aus den Dolomiten wurden solche bekannt. Marine Fossilien sprechen natürlich für marine

[1]) Ich stehe damit allerdings im Gegensatz zu STAESCHE, der die Grenze Buntsandstein-Muschelkalk von Mosbach und dem Saargebiet als stratigraphische Grenze betrachtet.

Bildung, doch wäre es m. E. verfehlt, den gesamten unteren Muschelkalk der Umgebung von Sierck in toto als marine Bildung zu betrachten. Die gefundenen Fossilien sind nur für die sie einschließenden Bänke bezeichnend, während die dazwischengelagerten, roten Sandsteine sicherlich nicht mariner Entstehung sind. Wir befinden uns eben hier im unmittelbaren Küstenbereich und die oszillatorischen Bewegungen des Meeres schufen diese eigenartigen Profile, diesen, geologisch gesprochen, geradezu minutinösen Wechsel von marinen Bildungen mit solchen rein kontinentalen Charakters. Wir haben demnach hier am Fuße des Ardennenhochlandes auch Kontinentaläquivalente des mittleren Wellengebirges. Ganz ähnliche Verhältnisse ergeben sich in stratigraphischer und genetischer Beziehung hier für die Zeit des mittleren Wellengebirges, wie wir es im thüringischen Faziesbezirk für die untersten Muschelkalk- und oberen Röt-schichten erkannt haben. Sehen wir ferner, daß die Fazies plattiger Sandsteine vom Meininger Gebiet gegen SO, oder vom Mosbacher Bezirk gegen S, ebenfalls in immer höhere Horizonte aufsteigt, sich also ganz ebenso verhält wie im lothringischen Sedimentationsraum, und zeigen Aufschlüsse in der nördlichen Oberpfalz (z. B. Eisersdorf) nach GEVERS Kontinentaläquivalente der Wellengebirgssedimente Thüringens in Form ungebankter Arkosesandsteine, so ergibt sich, daß der süd- und mitteldeutsche untere Muschelkalk sich faziell recht einheitlich verhält. Den Übergang einzelner Horizonte von rein kontinentaler Ausbildung zu rein mariner Fazies, sowie die Differenzierungen innerhalb des marinen Ablagerungsbereiches, welch letztere übrigens schon durch KRAUSS, VOLLRATH, BRINCKMANN und GEVERS klargelegt wurde, ist am besten vom Siercker Gebiet aus gegen Mosbach zu verfolgen. Es zeigt sich folgender Fazieswechsel[1]):

Entfernung an der Küste →

roter Sandstein ohne Fossilien kontinental	gelber dolomitischer Sandstein (Muschelsandstein) mit marinen Fossilien	Dolomit mit mariner Fauna	Kalk und Ton mit mariner Fauna

Sehen wir nun nach der regionalen Verteilung dieser einzelnen Faziesglieder, so ergibt sich nach den Untersuchungen von VOLLRATH, KRAUSS, GEVERS und dem Verf., daß die kontinentale Ausbildung am Fuß der kristallinen Gesteinskomplexe des Oberpfälzer Waldes und am Rande des Ardennenfestlandes vorherrscht. Für den Schichtenstoß des mittleren Wellengebirges ergibt sich anschließend eine teils breite (Ardennenfestland), teils schmale (Böhmisches Massiv) Zone mariner, sandiger Beschaffenheit, welche durch ein breites Band dolomitischer

[1]) Die einzelnen Faziesglieder sind natürlich durch viele Zwischenglieder verbunden.

Gegend von Sierck	Nordöstliches Deutschlothringen	Mosbach	Südwestthüringen (Meiningen)	Nordostthüringen (Jena)
Zelliger Dolomit	Fossilfreie Dolomite (Oberer Teil der Orbicularisschichten SCHUMACHERS)	Orbicularisschichten	Orbicularisschichten	Orbicularisschichten
Dolomitisch-sandige Bänke	Knochenbank und Schaumkalkzone	Schaumkalkhorizont	Schaumkalkhorizont	Schaumkalkhorizont
Fossilführende sandige Dolomite mit Voltziensandstein-ähnlichen, roten Zwischenlagern, übergehend in Voltziensandstein	Wellendolomit	Wellenkalk	Wellenkalk	Wellenkalk
	Pentacrinusbank	Spiriferinabank	Pentacrinusbank	Pentacrinusbank
	Dolomitische Wellenmergel	Wellenkalk	Wellenkalk	Wellenkalk
	Terebratula-Horizont		*Terebratula vulgaris*-Kalke	*Terebratula vulgaris*-Kalke
	Mergelige Schichten mit Myacitenbank β		Wellenkalk	Wellenkalk
			Thür. Spiriferinabank	Thür. Spiriferinabank
		Hauptlager der *Terebratula Ecki*	Wellenkalk	Wellenkalk
	Myacitenbank α mit *Terebratula Ecki*	Kalke		
	Mergelige Schichten, unten Sandplatten	Dolomit und Kalk		
	Sandig-dolomitische Trochitenbänke	Konglomeratbänke α und β	Oolithbänke α und β	Oolithbänke α und β
	Grenzletten	Mosbacher Grenzschichten	Unterster Wellenkalk	Wellenkalk
	Fechinger Fossildolomit			
	Voltziensandsteine			
	Fossilhorizont 6—7 m unter „Trochitenbänke“			
	Voltziensandstein	Rote Mergel	Gelber Grenzkalk	Gelber Kalk
			Rote Mergel	Graue Mergel und Kalke mit Muschelkalkfossilien
	Fossilhorizont 12 m unter „Trochitenbänke“	Myophorienbank	Myophorienschichten	
	Voltziensandstein	Rote Mergel	Rote Mergel mit einzelnen Dolomiten, *Myophoria costata*, gelegentlich Sandsteine	Bunte Mergel mit Dolomiten mit *Myophoria vulgaris*, *Modiola hirudiniformis*, *Myophoria fallax* u. a.
		Plattensandsteine, zu oberst SCHALCHS Chirotheriensandstein	Bunte Mergel mit Gips	
		Karneoldolomit	Thür. Chirotheriensandstein oben Karneol	Thür. Chirotheriensandstein mit Karneol

Südostthüringen (Eisfeld)	Nordwestliches Oberfranken (Zeyern)	Südliches Oberfranken: Weidenberg-Görschnitz	Südliches Oberfranken: Ober-Ölschnitz	Nördliche Oberpfalz (Eisersdorf)
Orbicularis-schichten	Orbicularis-schichten	Orbicularissandsteine		
Schaumkalk-horizont	Schaumkalkhorizont dolomitisch, sandig	Schaumkalkhorizont dolomitisch, sandig		
Wellenkalk	Wellenkalk	Wellenkalk		Ungebankte Arkose
Pentacrinusbank	Pentacrinusbank	sandiger, dolomit. Mergel		
Wellenkalk	Wellenkalk			
Terebratula vulgaris-Kalke	*Terebratula*-Horizont	Tone und Mergel mit dolomitischen Sandsteinen		
Wellenkalk	Wellenkalk			
Kalkige Trochiten-bänke	Kalkige Trochiten-bänke			Arkosesandstein (= Grenzkalk?)
Wellenkalk	Wellenkalk	Sandiger, dolomitischer gelber Grenzkalk		Ungebankte Arkose
Gelber Grenzkalk	Dolomitischer gelber Grenzkalk			
Rote Mergel	Rote Mergel	Feldspathaltige Arkose-sandsteine		
Myophorien-schichten	Myophorien-schichten			
Rote Mergel	Rote Mergel			
Plattige Sandsteine	Plattige Sandsteine			

Fazies abgelöst wird, die das oberfränkische Gebiet über den mittleren Schwarzwald (Freudenstadt) mit dem nordöstlichen Deutschlothringen verknüpft und nördlich durch die kalkige Ausbildung begrenzt wird.

Morphologisch haben aus dem Verhalten der Fazies VOLLRATH und BRINCKMANN auf eine Senke Meiningen-Mosbach geschlossen. Verf. konnte nun nachweisen, daß diese Senke vom Mosbacher Gebiet aus etwa entlang der Neckar-Wutachlinie weiter gegen S verläuft. Es scheint ein verhältnismäßig rasches Ansteigen gegen das Vindelizische Hochland von dieser Rinne aus stattgehabt zu haben, während wir gegen das Ardennenfestland eine weitspannige, flache Küstenregion rekonstruieren müßten.

Das Muschelkalkmeer scheint Schritt für Schritt von N herkommend, in erster Linie diese Straße benützend, von Süddeutschland Besitz ergriffen zu haben, nachdem es lange vorher schon, als noch in Süddeutschland reinste Buntsandsteinverhältnisse geherrscht haben, in Oberschlesien eingedrungen war. Ebenso allmählich wie sie hereinfluteten, scheint ein großer Teil der Wassermassen zur Zeit der oberen Orbicularisschichten des Schwarzwaldes wieder abgeflossen zu sein und zwar eben entlang dieser Neckar-Wutach-Linie über die Aargausenke. Während dieser ganzen Perioden, ja sogar noch während des gesamten, deutschen Muschelkalkes bleiben in der Normandie und in England Buntsandsteinverhältnisse bestehen. Wir sind daher nicht erstaunt, keinen Hiatus an der Buntsandsteinobergrenze in Süddeutschland zu finden und die Buntsandstein-Muschelkalkgrenze als reine Faziesgrenze zu erkennen. Die Buntsandsteinfazies scheint daher weder zeitlich noch räumlich begrenzt zu sein. Die Faziesgrenze rückt eben in der Richtung der Transgression in höhere Horizonte. Die marinen Faziszonen wandern ebenfalls in dieser Richtung, und die einzelnen Grenzen schneiden den ganzen Schichtkomplex schief. Rein schematisch lassen sich die bestehenden Verhältnisse folgendermaßen darstellen:

← Richtung der Transgression

Roter Plattensandstein	Rote Mergel mit fossilf. Dolomiten	fossilführende Dolomite	fossilführende Kalke und Mergel
	roter Plattensandstein	Rote Mergel mit fossilf. Dolomiten	fossilführende Dolomite
		roter Plattensandstein	Rote Mergel mit fossilf. Dolomiten
			roter Plattensandstein

Auch die Faziesübergänge einzelner Horizonte, z. B. der Oolithbänke α und β des Meininger Gebietes, wandern in der Transgressionsrichtung. Gegen Mosbach gehen beide in Konglomeratbänke über

(vgl. Tabelle S. 232), doch setzt diese Ausbildung innerhalb der Oolithbank α viel weiter nördlich schon ein, während die höhere Oolithbank β erst weiter südlich konglomeratische Beschaffenheit annimmt.

Mit der Fazies wandert nun aber auch in den allermeisten Fällen die Fauna, die größtenteils weitgehend von der Fazies abhängig ist. Vortrefflich hat dies VOLLRATH für einige „Leitfossilien" des Wellengebirges schon aufgezeigt. In den Myophorienschichten von Nord- und Südthüringen zum ersten Mal auftretend, wandert *Beneckeia Buchi* erst mit der Transgression der Oolithbank β des Meininger Gebietes (= Konglomeratbank β Mosbach = obere Trochitenbank Wolmünster = Dolomitbank β Freudenstadt) in Süddeutschland ein. Sie stößt nach meinen Untersuchungen sogar bis zum Schweizer Tafeljura vor. Während sie in Nord- und Mitteldeutschland in höheren Horizonten nicht mehr aufgefunden wurde, tritt sie im Schwarzwaldgebiet sehr häufig auch in den Schichten über den Rauhen Dolomiten auf.

Ähnlich verhält sich *Terebratula Ecki*. In Thüringen findet sie sich in der Oolithbank α. Sie wandert mit der Transgression und Bildung der Oolithbank β (mit ihren Äquivalenten) ins Schwarzwaldgebiet ein und erreicht ebenfalls die Nordschweiz. Sie hält sich im Schwarzwald bis zu den Schichten der *Homomya Albertii*, während sie aus den Äquivalenten dieses Horizonts von Mitteldeutschland bis heute nicht bekannt geworden ist. Ein ähnliches Verhalten hat VOLLRATH auch noch für andere „Leitfossilien" des Wellengebirges nachgewiesen und daraus den Schluß gezogen, daß es strenge Leitfossilien für einzelne Horizonte im unteren Muschelkalk nicht gibt. Fazies und Fauna verhalten sich im mittel- und süddeutschen Wellengebirge außerordentlich gleichartig. Ferner geht der Umschwung der kontinentalen Sedimentation des Buntsandsteins zur marinen des Muschelkalks ganz allmählich vor sich, ebenso allmählich, wie sich das Meer des oberen Hauptmuschelkalks wieder zurückzieht, was G. WAGNER uns so vortrefflich dargestellt hat.

Ganz ähnliche Verhältnisse, wie sie die Muschelkalktransgression mit Bezug auf Fazies und Fauna aufweist, zeigen auch die Sedimente der Transgressionsschichten des Jurameeres in Süddeutschland. Wie die Untersuchungen von VOLLRATH, RÜGER und dem Verf. ergaben, zeigen die Grenzschichten Trias-Lias in den einzelnen Gebieten eine Gliederung, wie sie Tabelle S. 238—239 darstellt. Diese Autoren haben nachgewiesen, daß die Grenze Trias-Jura in Süddeutschland keine Zeitgrenze, sondern eine Faziesgrenze darstellt. Nirgends ließ sich über den Rhätschichten eine stärkere Diskordanz beobachten, die auf eine längere Sedimentationsunterbrechung schließen ließe. Trotzdem liegt aber in einzelnen Teilen des Schweizer Juras oder Mittelfrankens die Kupferfelsbank, also der unterste Horizont der Arietenschichten, unmittelbar über Rhät, ferner finden sich im Klettgau oder in Oberfranken Äquivalente

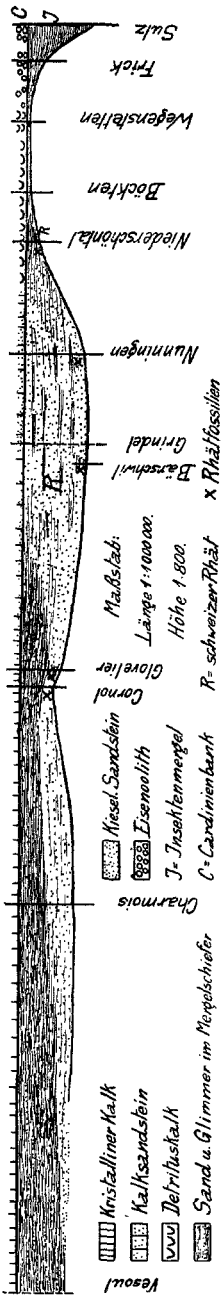

Fig. 1. Längsprofil der Rhät-Lias α-Grenzschichten zwischen Sulz (Tafeljura) und Vesoul.

der schwäbischen Oolithenbank, also die unterste Lage der Angulatenschichten, nahezu unmittelbar über Rhät, während in Mittel-Württemberg zwischen Oolithenbank und Rhät ca. 10 m Psilonotenschichten in Form dunkler Schiefertone und Kalke liegen.

Verfolgen wir die Rhät-Lias-Sedimente vom Passwanggebiet aus gegen W (Glovelier), so schieben sich zwischen Rhätsandsteine und Angulaten-Arietenschichten (Cardinienbank inbegriffen) wieder dunkle Schiefertone an (vgl. Fig. 1). Sie gleichen in der Fazies völlig den Insektenmergeln des östlichen Tafeljura, welche dort den Schweizer Rhätsandstein vertreten und in ihrer oberen Partie den württembergischen Angulatenschichten entsprechen (VOLLRATH). Verfolgen wir den Schichtstoß weiter, so sehen wir, daß bei Vesoul der ganze Schweizer Rhätsandstein durch diese Tone verdrängt wurde. Westlich der Vogesen endlich erscheinen deutlich die Psilonotenschichten, nachdem, wie es scheint, auch die dunklen Tone von Vesoul in Angulatenschichten übergegangen sind. Ganz genau dieselben Verhältnisse beobachten wir von der westlichen Oberpfalz ausgehend gegen Thüringen (vgl. Tabelle S. 238—239). Die Rhätfazies wandert also in gewissen Richtungen und ergreift immer höhere Horizonte. Paläogeographische Untersuchungen haben nun gezeigt, daß die Transgression des Jurameeres eben in diesen Richtungen verlief. Vom mittleren Württemberg ausgehend stößt es gegen S und O vor. Im fränkischen Becken herrscht bis zur Transgression und Bildung der Oolithenbank teils die brakische Fazies des Rhäts, teils die Bildung von Knollenmergeln (Hesselberggebiet). Ebenso bildet sich auch im Klettgau kurz vor dieser Transgressionsphase das Rhät von Unterhallau.

Mit der Transgression der Angulatenschichten (der Oolithenbank) zeigt Oberfranken marine Sedimentation. Das Meer ist andererseits entlang der Neckar-Wutach-Linie bis zur Nordschweiz vorgedrungen und vom Rhônegebiet her bis in die Gegend von Vesoul. Das Passwanggebiet, ebenso Mittelfranken und die Oberpfalz zeigen noch

brakische Sedimentation. Erst mit der Transgression der Kupferfelsbank werden auch diese Gebiete mariner Sedimentation unterworfen. Nur noch im Gebiet der östlichen Oberpfalz zeigen sich kontinentale Sedimente. Von Mittelfranken gegen O nimmt auch die Mächtigkeit der Knollenmergel mehr und mehr ab, während die Stubensandsteinfazies höher greift. Allmählich zeigen die über den Knollenmergeln folgenden fränkischen Rhätsandsteine keine Unter-

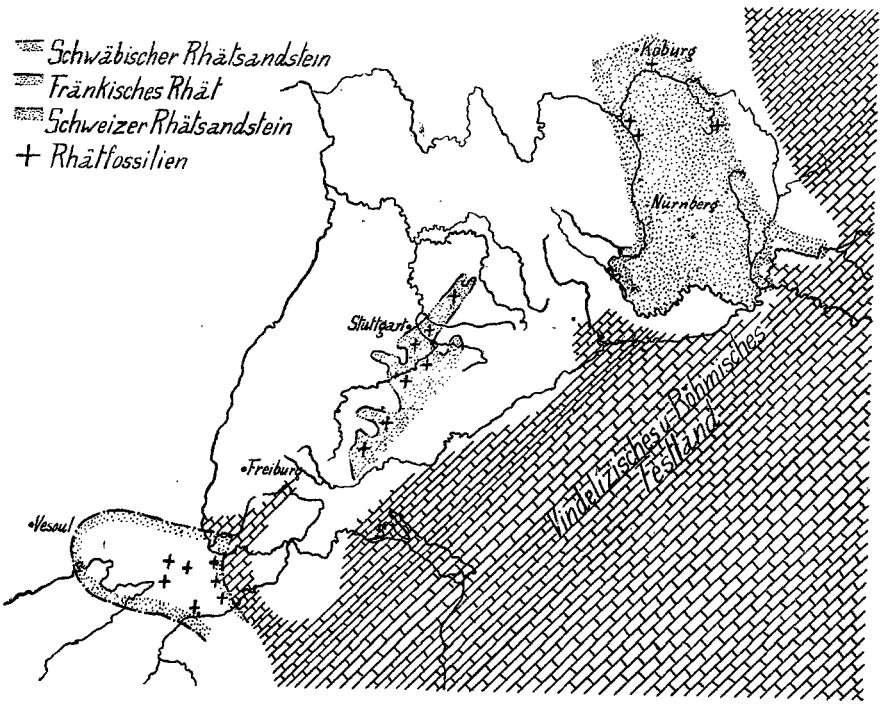

Fig. 2. Verbreitung der schwäbischen, fränkischen und Schweizer Rhätsandsteinfazies. (Nach VOLLRATH und FRANK). Maßstab 1 : 4500000.

schiede mehr zu den Stubensandsteinen. Sie führen ebenfalls Feldspat und Kaolin. Diese Fazies ergreift endlich noch den Schichtkomplex der Arietenschichten, des Lias β und des unteren Teils von Lias γ. Im Rodinger Gebiet reicht diese Fazies, die von Mittelwürttemberg gegen O in immer höhere Horizonte aufsteigt, bis in den mittleren Lias herein. Die in Rede stehenden Sedimente des Rodinger Gebietes bestehen aus Sandsteinen verschiedener Korngröße mit großen Feldspatzwillingen und Kaolin, manche Lagen sind reich an Geröllen von weißem Quarz, Dioritschiefer, Muskovitgneis. Insgesamt hat das „Gestein das Aussehen von wieder verfestigtem Granitschutt" (THÜRACH)[1]). Vermutlich werden ähnliche Verhältnisse

[1]) Auf die Angriffe LANGES auf meine Darstellung, wonach die Bildung rhätischer und liasischer Ablagerungen neben Knollenmergelbildung vor sich

Westlich der Vogesen	Südwestlich der Vogesen	Südlich der Vogesen	Westschweiz	Ostschweiz	Klettgau
Arietenkalke	Arietenkalke	Arietenkalke	Arietenkalke u. Sandsteine	Arietenkalke	Arietenkalke
Kalk	Kalk	Kalk	Cardinienbank, kalkig, sandig oder eisen-oolithisch	Cardinienbank, kalkig oder oolithisch, *Schloth. angulata, Psiloceras Johnstoni*	Angulatusbank, oolithisch, *Schloth. angulata* u. a.
Angulatenschichten	Angulatenschichten	Angulatenschichten	Rhät	Insektenmergel	Angulatenschichten
		Rhätsandstein			Ob. Psilonotenbank, *Schloth. angulata, Psiloc. Johnstoni* u. a.
Psilonotenschichten	Hiatus				Ps.-Sch. / Unt. Psilonotenbank / Bad. Rhät
					Knollenmergel
					Stubensandstein

vom mittleren Württemberg gegen SO, gegen das Vindelizische Festland, geherrscht haben, doch sind die Sedimente der entsprechenden Gebiete dort durch jüngere Schichten unserer Beobachtung entzogen. Während nun aber im unmittelbaren Bereich des Hochgebietes die Rhätsandsteine flächenhaft auftreten, reichen sie weiter vor ins schon unter Wasser gelegene Flachland nur noch in einzelnen Sandzungen als Ausläufer dieser Komplexe (vgl. Tabelle S. 240). Wir finden solche in Form der schwäbischen Rhätsandsteine, die sich auch durch wesentlich feineres Korn auszeichnen und im Bereich der Küste des Lias α-Meeres auftreten. Zwischen diesen Zungen bilden sich in noch wasserfreien Gebieten Knollenmergel als der durch den Wind ausgeblasene und beförderte feinste Staub der Schuttmassen, die am Fuß der Hochgebiete in Stubensandstein-ähnlicher Form sedimentiert werden. Die Verbreitung der schwäbischen, fränkischen und Schweizer Rhätsandsteine zeigt Fig. 2 (vgl. S. 237).

ging, will ich nicht näher eingehen, da er seinerseits keine Gegenbeweise beibrachte, und Vollrath Langes weitere Folgerungen neuerdings widerlegt hat.

Mittel-Württemberg	Württemb.-bayr. Grenzgebiet	Nördliches Oberfranken	Westliche Oberpfalz	Östliche Oberpfalz
Arietenkalke und Ölschiefer	Sandige Arietenkalke	Sandige Arietenkalke	Arietensandstein	Stubensandsteinfazies feldspat- und kaolinführende Sandsteine und bunte Mergel
Kupferfelsbank, kalkig, *Arietites longidomus* u. a.	Kupferfelsbank, oolithisch oder konglomeratisch, *Schloth. angulata* u. a.	Kupferfelsbank, kalkig oder sandig	Kupferfelsbank, sandig	
Angulatenschichten	Angulatenschichten	Angulatenschichten	Angulatenschicht.	
Oolithenbank *Schloth. angulata*	Sandiger Detrituskalk	Fränk. Psilonotenbank, *Schloth. angulata, Ps. Johnstoni*	Fränkisches Rhät	
Psilonotenschichten	Knollenmergel	Fränkisches Rhät		
Psilonotenbank				
Schwäbisches Rhät oder				
Knollenmergel		Knollenmergel	Knollenmergel	
Stubensandstein	Stubensandstein	Stubensandstein	Stubensandstein	

Wir haben demnach folgenden Fazieswechsel:

Richtung des Sedimentransports: ⟶

Grobkörnige Sandsteine mit Feldspat und Kaolin Rote Mergelzwischenlagen	grobkörnige Sandsteine mit Pflanzenresten	faunenführende, gelbe, feinkörnige Sandsteine Pflanzenreste

Im fränkischen und Oberpfälzer Gebiet läßt sich dieser Fazieswechsel durchgehend verfolgen von der östlichen über die westliche Oberpfalz zum nördlichen Oberfranken. Ebenso scheint ein Teil der schwäbischen Stubensandsteine gegen Löwenstein und Stromberg in rhätähnliche, fossilführende Sandsteine überzugehen (LANGs Pseudorhät), wonach die Rhätfazies z. T. in den württembergischen Stubensandstein herabreichen würde[1]).

[1]) VOLLRATH hat dies neuerdings bewiesen und gleichzeitig gezeigt, daß das Kraichgau- oder elsaß-lothringische Rhät nicht dem schwäbischen Rhät entspricht, sondern dem schwäbischen oberen Stubensandstein und den Knollenmergeln.

Ein weiteres Glied in dieser Reihe scheint endlich der rein marine Angulatensandstein zu sein, der in Oberfranken gegen die Küste ebenfalls in grobkörnige Sandsteine vom Charakter der fränkischen Rhätsandsteine übergeht. Auf Württemberg bezogen, sehen wir fernerhin eine äußerst weitgehende Ähnlichkeit der Rhätsandsteine und der Angulatensandsteine, die sich nur durch das Bindemittel unterscheiden. Das kieselige Bindemittel des schwäbischen Rhätsandsteins rührt aber wohl von der lateritischen Verwitterung her, die auf den Hochländern auch noch zu dieser Zeit vorherrschte, was aus der gleichzeitigen Bildung von Knollenmergeln hervorgeht. Wir können also die Angulatenschichten mit HENNIG gewissermaßen als eine Wiederkehr der rhätischen Fazies bezeichnen (Geologie von Württemberg S. 154).

Mit der Transgression des Liasmeeres verschiebt sich die schwäbische Rhätfazies im Sinne der Transgression und greift auf höhere Horizonte über. Fernerhin bleibt sie in den randlichen Gebieten lange bestehen (Mittelfranken, Oberpfalz) bis zur Transgression der Kupferfelsbank, die dort die Rhätschichten unmittelbar überlagert. Ebenso bildet das Äquivalent dieses Horizonts, die Cardinienbank, in einzelnen Teilen der Westschweiz das Hangende des Schweizer Rhäts, das VOLLRATH deshalb als den schwäbischen Angulatenschichten zeitlich entsprechend dargestellt hat. Am besten sind diese stratigraphischen Verhältnisse aus unserer Tabelle (vgl. S. 238—239) und dem beigegebenen Längsprofil (vgl. S. 236) zu erkennen. Die Faziesverschiebungen selbst lassen sich folgendermaßen erläutern:

Richtung der Transgression
⟶

<table>
<tr><td>Arietenschichten</td><td>Arietenschichten</td><td>Arietenschichten</td><td>sand. Arietenschichten</td><td rowspan="8">Stubensandstein</td></tr>
<tr><td>Angulatenschichten Tone</td><td>Angulatenschichten Sandsteine</td><td>Angulatenschichten Sandsteine</td><td rowspan="3">stubensandstein-ähnlicher Rhätsandstein</td></tr>
<tr><td>Psilonotenschichten Kalke und Tone</td><td>Psilonotensandstein</td><td rowspan="2">grobkörniger Rhätsandstein ohne Fauna</td></tr>
<tr><td>fossilführender Rhätsandstein zungenförmig; daneben Knollenmergel</td><td>fossilführender Rhätsandstein zungenförmig; daneben Knollenmergel</td></tr>
<tr><td>Knollenmergel</td><td>Knollenmergel</td><td>Knollenmergel</td><td>Knollenmergel</td></tr>
<tr><td>Stubensandstein</td><td>Stubensandstein</td><td>Stubensandstein</td><td>Stubensandstein</td></tr>
</table>

Entsprechend dem Wandern und Ansteigen der Rhätfazies verhält sich auch die Fazies einzelner Leithorizonte. Die Beschaffenheit der Oolithenbank, der Basalbank der schwäbischen Angulatenschichten, zeigt in der Richtung zur Küste folgenden Wechsel:

Kalk-Eisenoolith-Detrituskalk (gegen Süden) oder Kalk-Eisenoolith-Konglomerat-Sandstein (gegen Osten). Denselben Wechsel zeigt die höhere Kupferfelsbank, doch ist die Fazies im einzelnen um eine Stufe im Sinne der Transgression verschoben, wie folgende Übersicht zeigt (wobei der Wechsel gegen Süden als Beispiel genommen wurde).

Kupferfelsbank	toniger Kalk	Kalk	Eisenoolith	Detrituskalk
Oolithenbank	Kalk	Eisenoolith	Detrituskalk	

Parallel mit dem Wandern der Fazies verschiebt sich auch die Fauna, wie dies VOLLRATH und FRANK nachweisen konnten.

Psiloceras Johnstoni z. B. findet sich in der württembergischen Psilonotenbank, erreicht aber erst kurz vor der Transgression der Oolithenbank das Wutachgebiet und dringt während der Bildung dieses Horizonts in Oberfranken sowie in der Nordschweiz ein und hält sich hier bis zur Transgression der Arietenschichten. Beispiele für solche Faunenwanderungen ließen sich vermehren, doch wurden sie schon durch VOLLRATH und FRANK[1]) eingehend behandelt.

Wir sehen daraus, daß die kontinentale Sedimentationsepoche des Keupers ganz allmählich durch die marine des Juras abgelöst wird. Während der Übergangszeit bilden sich in Süddeutschland sowohl rein terrestrische als auch rein marine Schichten, wie es folgende Übersicht zeigt:

---

[1]) Bezüglich des Verhaltens von *Schlotheimia angulata* habe ich früher betont, daß sie innerhalb der Kupferfelsbank vorwiegend in Gebieten der oolithischen Ausbildung dieses Horizonts vorkommt. Wenn LANGE mir entgegenhält, daß diese Form in Norddeutschland nicht „so wählerisch ist", sondern auch „mit reiner Sand- und reiner pyritischer Tonfazies vorlieb nimmt", so ist mir das eine wohlbekannte Tatsache, die ich immer wieder im Verlauf meiner Untersuchungen feststellen konnte. In der Kalkfazies des küstenfernen Gebietes jedoch konnte *Schlotheimia angulata* bis heute noch nicht nachgewiesen werden. Diese Fazies wird gemieden. Im vertikalen Verbreitungsraum von *Schlotheimia angulata* tritt diese Fazies aber nur im Horizont der Kupferfelsbank auf, und hier zeigt sich die Abhängigkeit der Form von der Fazies, da sie die Region der küstenfernen, kalkigen Ausbildung dieses Leithorizonts meidet. Ich bitte Herrn LANGE, erst selbst in Süddeutschland im Gelände Untersuchungen anzustellen, bevor er mir zukünftig meine Ergebnisse durch Behauptungen widerlegen will. Auf die vielen stratigraphischen Irrtümer, die LANGE im süddeutschen Lias α unterlaufen sind, will ich nicht eingehen, da diese durch VOLLRATH neuerdings beleuchtet wurden.

Mariner Sedimentationsbereich	brackisch und terrestrisch	kontinentaler Sedimentationsraum	Hochgebiete
„Liasische“ Schichten	Rhät oder Knollenmergel	Stubensandstein	Abtragung

Ganz ähnliche Verhältnisse haben wir bei Betrachtung der Muschelkalktransgression beobachtet. Ebenso langsam und allmählich vollzog sich dort der Umschwung der Verhältnisse. Rhät und Knollenmergel der Liastransgression nehmen eine ähnliche Stellung ein wie die Rötmergel beim Vorstoß des Muschelkalkmeeres. Die Stubensandsteinbildungen entsprechen nahezu völlig der Plattensandstein-, Voltziensandstein-, Chirotheriensandsteinfazies. Gleichartig beschaffene Kontinentaläquivalente lassen sich von beiden marinen Schichtfolgen aufzeigen[1]). Aber es lassen sich noch weitere Parallelen feststellen. Der gelbe Grenzkalk des thüringischen Wellengebirges ist in stratigraphischer Beziehung mit der schwäbischen Psilonotenbank zu vergleichen. Beide bilden die Basallage einer rein marinen Transgression. Sie stellen in ihrer gesamten Verbreitung keine gleichzeitige Bildung dar, sondern entsprechen der Bildungszeit eines ganzen Schichtkomplexes, den sie schief durchschneiden. Der gelbe Grenzkalk in seiner Gesamtheit entspricht zeitlich etwa den Schichten bis zur Oolithbank α, während die Psilonotenbank des württembergischen Lias den Sedimenten nahezu bis zur Oolithenbank zeitlich gleich zu setzen ist. Bezeichnend für beide Transgressionen ist es, daß als nächste Leithorizonte je Oolithbänke auftreten, im Muschelkalk Kalkoolithe, im Lias Eisenoolithe. Der Fazieswechsel dieser Bänke ist ein ähnlicher. Beidesmal ist in den höheren Horizonten (Oolithbank β bezw. Kupferfelsbank) dieser Wechsel im Sinne der Transgression vorgeschoben (vgl. S. 235 u. 241).

Auch in faunistischer Beziehung herrscht Übereinstimmung. Im Verlauf beider Transgressionen vollzogen sich Faunenwanderungen Hand in Hand mit der Faziesverschiebung. Auch gleiche paläomorphologische Einzelmomente ließen sich im Wellengebirge wie im Lias α nachweisen. Nicht nur, daß die Transgression hier wie dort von Norden kam und im württembergischen Gebiet in erster Linie die Neckar-Wutachsenke benützte, auch gewisse Einzelzüge finden wir sowohl im Lias α wie im unteren Muschelkalk. VOLLRATHs „Eisfelder

[1]) Äußerst wahrscheinlich ist mir, daß die Stubensandsteinbildungen, die AMMON bei Straubing als Liegendes des Braunen Jura β aufzeigte, nichts weiter als die Kontinentalfazies des mittleren und oberen Lias, sowie eines Teils des unteren Braunen Juras darstellt, doch müssen hierüber noch exakte Spezialuntersuchungen angestellt werden, um endgültige Schlüsse ziehen zu können.

Barre" des Wellengebirges begegnen wir im unteren Lias als „Mainbarre" wieder. Die „Tauberbarre" taucht als „Riesbarre" wieder auf, und die „Dögginger Barre" des Lias α, wie sie VOLLRATH nachweisen konnte, fand ich auch schon im Wellengebirge als „Brigach-Brege-Schwelle" angelegt.

In einem großen Zug aber unterscheiden sich die beiden Transgressionen. Während die Liastransgression die im oberen Hauptmuschelkalk angelegte elsaß-lothringische Senke als Hauptstraße und die Neckar-Wutach-Linie nur als Nebenweg benützte, geht die tiefe Senke im Wellengebirge eben entlang dieser Richtung, und gegen Lothringen verflacht sich das Meer. Bis zum Trochitenkalk (einschließlich) scheint der Durchgangsweg hauptsächlich die Neckar-Wutach-Linie gewesen zu sein, er lag also auf der Vindelizischen Seite. Im oberen Hauptmuschelkalk vollzog sich der Umschwung. Die Hauptstraße führt über Lothringen, liegt also auf der Ardennenseite (vergl. BRINCKMANN). Diese Senke wurde durch die Gipskeupersedimente aufgefüllt, da der Schilfsandstein wegen seiner gleichbleibenden Fazies über sehr weite Gebiete weitgehende morphologische Ausgeglichenheit vermuten läßt. Im mittleren und oberen Keuper wird diese Rinne aber augenscheinlich wieder angelegt. Sie zeigt sich im unteren Lias in ganz ähnlicher Lage wieder wie im oberen Hauptmuschelkalk.

Auch in fazieller Hinsicht ist ein Unterschied bemerkenswert. Die Dolomitfazies des Wellengebirges fehlt im Lias α, doch wird sie dort durch die detritogenen Küstenkalke in der Faziesfolge vertreten.

Wir sehen somit weitgehende Übereinstimmung der beiden Transgressionsschichtkomplexe Wellengebirge und Lias α. In fazieller Beziehung und im Verhalten der Fauna ergeben sich nahezu völlige Parallelen. Paläogeographische Folgerungen aus der Fazies, der Fauna und der Schichtmächtigkeit in den einzelnen Gebieten zeigen äußerst ähnliche Züge in beiden Fällen. Ich bin bei diesem Vergleich besonders auf die faziellen Momente eingegangen, weil heute bei genetischen Untersuchungen bezw. paläogeographischen Rekonstruktionen viel zu wenig Rücksicht auf die Ausbildung der Schichten genommen wird. Karten, wie sie LANGE und JÜNGST z. B. für die verschiedenen „Psilonotenzonen" von Mittel-, Nord- und teilweise Süddeutschland geben, sind nichts weiter als tiergeographische Karten. Keinesfalls aber braucht die Küste mit dem Aussetzen der einzelnen „Leitform" zusammenfallen; dagegen gibt uns die Fazies eines gewissen Horizonts sichere Unterlagen für Küstennähe oder Küstenferne. Es ist für paläogeographische Rekonstruktionen deshalb zweifellos die Fazies von ausschlaggebender Bedeutung, obwohl in den allermeisten Fällen mit faziellen Anzeichen von Küstennähe auch faunistische zu beobachten sind. Bekannte Küstenformen sind z. B. Crinoiden mit kräftigem Stiel und meist kurzen kräftigen Tentakeln. Riffkorallen

und dickschalige Brachiopoden und Muscheln sind ebenfalls küstennahe Bewohner der Meere. Paläogeographische Rekonstruktionen auf Grund solcher paläontologischer Methoden führen immer zu ähnlichen Ergebnissen wie fazielle Methoden. Auf Festlands- und Meerverteilung, sowie auf die Lage der Küste rein nach dem Vorkommen bezw. Fehlen einer bestimmten „Leitform" zu schließen, muß schon aus den vorher genannten Gründen zu falschen Ergebnissen führen. Ich habe mehrfach das nahezu völlige Verschwinden der Fauna mit dem Einsetzen der konglomeratischen oder der grobsandigen Fazies beobachten können, trotzdem aber haben sich die betreffenden Horizonte noch über weite Gebiete als marine Sedimente verfolgen lassen. Faunistisch waren sie nur noch durch Muscheltrümmer und Crinoidenreste ausgezeichnet. Die Fazies, die Schichtmächtigkeit und die vorkommenden Faunenreste geben zusammen allein die besten Anhaltspunkte zu paläogeographischen Rekonstruktionen. „Diese Mächtigkeitskurven sind daher" — neben der Fazies — „eines der wichtigsten Hilfsmittel, die Lage der Küsten und die Gestaltung des Meeresbodens zu rekonstruieren und Land und Meer jener längst versunkenen Perioden mit verhältnismäßig großer Genauigkeit wieder vor unserem Auge erstehen zu lassen" (BÄRTLING). Solche Untersuchungen und Rekonstruktionen der geographischen Züge Süddeutschlands zur Zeit des Wellengebirges und des Lias α und unser Vergleich haben aber gezeigt, daß das Antlitz der Erde nicht nur in seinen Hauptzügen (Nordatlantischer Kontinent, Afrikanischer Block) über lange Zeiten gleich bleibt, sondern daß sich auch Einzelheiten erhalten über weitspannende Zeiträume hinweg (Riesbarre). Ferner ist die Art und Weise des zweimaligen Umschwungs von der kontinentalen zur marinen Sedimentation (Buntsandstein—Muschelkalk; Keuper—Lias) bezw. umgekehrt (Muschelkalk—Lettenkohle) ganz allmählich und recht gleichartig vor sich gegangen. Nichts deutet auf stürmische Transgressionen hin, wie es früher allgemein und wohl auch heute noch von einzelnen Forschern angenommen wird, sondern langsam und gleichmäßig wird die eine Fazies durch die andere abgelöst, und genetisch bestehen sämtliche Faziesglieder nebeneinander, die wir heute im Profil übereinander erscheinen sehen. Solche Faziesgrenzen dürfen daher nie als Zeitgrenzen angesprochen werden, auf keinen Fall also die Buntsandstein-Muschelkalkgrenze oder die Keuper-Liasgrenze.

Verzeichnis der zitierten Literatur.

1. AMMON, L. v., Die Juraablagerungen zwischen Regensburg und Passau. München 1875.
2. BÄRTLING, R., Transgressionen, Regressionen und Faziesverteilung in der mittleren und oberen Kreide des Beckens von Münster. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., 72, Bd., 1920.
3. BECHTER, P., Über den Lias im Aalener Gebiet usw. Diss. Tüb. 1925.

4. BRINKMANN, R., Tektonik und Sedimentation im Deutschen Triasbecken. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., 78 Bd., 1926.
5. Erläuterungen z. geol. Spezialkarte von Elsaß-Lothringen.
6. Erläuterungen z. geol. Spezialkarte von Preußen.
7. FRANK, M., Lias α in Schwaben. Jahresber. und Mitt. d. oberrhein. geol. Ver., 1925.
8. —, —, Beiträge z. Kenntnis des Lias β in Nordbayern. Centralbl. f. Min. usw., 1926.
9. —, —, Beiträge z. Stratigraphie u. Paläogeographie des Lias α in Süddeutschland. Diss. Tüb. 1926.
10. —, —, Zur Stratigraphie u. Paläogeographie des Wellengebirges im Südschwarzwald. Jahresber. d. Ver. f. Vaterl. Naturk., 1929.
11. GEVERS, T., Der Muschelkalk am Nordwestrand der Böhmischen Masse. N. Jahrb. f. Min. usw., Beil.-Bd. 56.
12. HENNIG, E., Geologie von Württemberg. Berlin 1923.
13. HERLIKOFER, R., Über den Lias α im Schurwalde. Diss. Tüb. 1926.
14. JÜNGST, H., Die Meeresverbindung Nord-Süd-Deutschland in der Psiloceraten-Zeit. N. Jahrb. f. Min. usw., Beil.-Bd. 58.
15. KRAUSS, Von der Westküste des Muschelsandsteinmeeres. Centralbl. f. Min. usw., 1920.
16. LANG, R., Der mittlere Keuper im südlichen Württemberg. Jahresber. d. Vereins f. vaterl. Naturk., 1909—10.
17. —, —, Beitr. z. Stratigraphie d. mittl. Keupers zwischen d. schwäb. Alb u. d. Schweizer Jura. Geol. u. paläont. Abhandl., N. F. IX.
18. —, —, Zur Stratigraphie d. Keupers in Südwestdeutschland. Jahresber. d. Ver. f. vaterl. Naturk., 1919.
19. LANGE, W., Über den unteren Lias usw. Centralbl. f. Min. usw. 1927.
20. RÜGER, L., Rhät-Lias α-Ablagerungen der Langenbrückener Senke. Diss. Heidelberg 1922.
21. —, —, Versuch einer Paläogeographie d. südd. Länder an der Trias-Jurawende Habil.-Schr. Heidelberg 1924.
22. SCHALCH, F., Die Gliederung der Liasformation des Donau-Rheinzuges. Neues Jahrb. f. Min. usw. 1880.
23. THÜRACH, H., Übersicht über die Gliederung des Keupers im nördlichen Franken usw. Geogn. Jahresber. 1888—89.
24. VOLLRATH, P., Beiträge zur Stratigraphie u. Paläogeographie d. fränk. Wellengebirges. N. Jahrb. f. Min. usw., Beil.-Bd. 50.
25. —, —, Die Juratransgression usw. Centralbl. f. Min. usw. 1924.
26. WAGNER, G., Beitr. z. Stratigraphie u. Bildungsgeschichte d. ob. Hauptmuschelkalks usw. Geol. u. paläont. Abh.. N. F. Bd. XII.
27. —, —, Vom oberen Hauptmuschelkalk. Jahresber. d. Ver. f. vaterl. Naturk., 1914.
28. —, —, Beitr. z. Kenntnis d. ob. Hauptmuschelkalks von Mittel- u. Norddeutschland. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., 1919.
29. WERVEKE, L. v., Die ursprüngliche Umrandung der Luxemburger Bucht. Ber. d. niederrhein. Geol. Vereins, 1910.