

DIE BEDEUTUNG DES SCHWÄBISCHEN JURA FÜR DIE ERDGESCHICHTE

Akademische Antrittsvorlesung
am 18. Dezember 1913 im Festsaal der Universität gehalten von

J. F. P O M P E C K J
DR. PHIL.

o. ö. Professor der Geologie und Paläontologie an der Universität Tübingen

Durch Erläuterungen und
Zusätze ergänzter Abdruck



STUTT GART 1914

E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Nägele & Dr. Sproeffler

Nach mannigfachem Wandern bin ich in den Bann des schwäbischen Jura zurückgekehrt. Ihm, einer alten Liebe, galt meine nach Tübinger Brauch gehaltene Antrittsvorlesung.

Dem hier veröffentlichten Abdruck der Vorlesung habe ich eine Anzahl von Zusätzen, erläuternden Bemerkungen und Literaturnachweisen beigefügt — teils, um dieses und jenes etwas weiter auszuführen, teils, um den Freunden der Geologie hier im Lande Anhaltspunkte zu weiterer Orientierung über die nur eben kurz gestreiften mannigfachen Fragen zu geben.

J. F. P.

Hochansehnliche Versammlung!

Die ersten Worte, welche ich heute hier, vor dem größeren Kreise der Universität, zu sprechen die Ehre habe, gelten Ihnen, meine hochgeehrten Herren Kollegen von der Naturwissenschaftlichen Fakultät: Den Dank sollen sie ausdrücken dafür, daß Sie mir die Auszeichnung erwiesen, mich für den hiesigen Lehrstuhl der Geologie und Paläontologie auszuersuchen, für den Lehrstuhl, welcher eine der ältesten Pflegestätten meines Faches an deutschen Hochschulen ist und einer, dessen Klang weithin mit den besten wetteifert — der Lehrstuhl, mit welchem seit länger denn zwanzig Jahren besonders feste Fäden mich verbinden.

Hier forschte und lehrte durch mehr als ein halbes Jahrhundert der verehrungswürdige „praeceptor Sueviae subterraneae“ FRIEDRICH AUGUST QUENSTEDT. Er — und mit ihm jene, die seinen Schritten folgten, machte Schwaben zu dem geologisch besterforschten Teile Deutschlands und zu einem Paradigma für erdgeschichtliche Forschung überhaupt. Er verstand es, durch Wort und Werk hier der Geologie auch im Volke so breiten Boden zu schaffen, wie sonstwo keiner der Geologen sich dessen rühmen darf.

Hier wirkte — nur kurze Zeit — mein Lehrer WILHELM BRANCA, dem ich in Verehrung und Liebe anhänge. Durch ihn, durch seine Erforschung und Deutung der schwäbischen Vulkane wurde Schwaben der Ausgangspunkt für neue Wege der Vulkanologie.

ERNST KOKEN hat hier gelehrt. Unverblaßt lebt sein Bild in Ihrem Gedenken. Hier erntete er seines Geistes und seiner Arbeit vielartige Früchte; hier warb er der Geologie eine neue, große Zahl begeisterter Jünger.

Große Vorbilder stehen vor mir, fordern von mir ihr Recht.

Der durch QUENSTEDT gegebenen, großen Tübinger und schwäbischen Tradition folgend — und ebenso eigener Neigung nachgebend — gedenke ich hier neben den allgemeineren Aufgaben der Geologie und Paläontologie besonders die weitere Durchforschung des Jura zu pflegen.

Der schwäbische Jura — in schmalem Bande um den Südfuß des Schwarzwaldes mit dem der Schweiz verbunden und über das Nördlinger Ries nach Osten im Frankenjura fortgesetzt — ist ein besonderer, ein klassischer, geologischer Boden. Ihm danken wir die Grundlagen für exakt vergleichende Untersuchung der Juraformation; in weitgehendem Maße ist er Vorbild für historisch-geologische Forschung überhaupt geworden.

Steingewordenes Meer ist der Jura — oder doch der noch nicht der Zerstörung der Abtragung anheimgefallene Rest eines solchen. Meer, das einst von den Rändern des französischen Zentralplateaus seine Fluten über die Schwarzwald-Vogesenregion gegen Böhmen, gegen den Westrand einer mächtigen eurasischen Kontinentalmasse wälzte; Meer, das gen Norden an den Küsten einer großen Ardennen- oder Rheinischen Insel — im Bereiche des heutigen Rheinischen Schiefergebirges und seiner Annexe — brandete und, im Westen und Osten diese umspülend, durch das Pariser Becken wie durch die hessisch-niedersächsische Senke mit Meeresteilen im Gebiet der britischen Inseln und Norddeutschlands in mannigfach sich ändernder, im Osten wohl frühzeitig ganz aufgehobener Verbindung stand. Nach Süden schuf ein aus der heutigen Regensburger Gegend von Böhmen zu den westschweizerischen Zentralalpen ziehender Landwall die Grenze des Süddeutschen Jurameeres gegen die — Alpen und Mediterrangebiete überflutenden Meere. Das war GÜMBEL's „Vindelicisches Gebirge“ — ein Bergland, das mählig der Vernichtung anheimfiel, dessen Reste unter der Alb, unter der oberbayerisch-schwäbischen Hochebene begraben liegen¹.

Meer wogte hier. Und die Gesteine auf der Hochfläche des Schönbuchs, der Filderebene und des Schurwalds,

¹ s. Note 1, Anhang S. 27.

des Welzheimer Waldes und z. T. auch der Löwensteiner Berge sind Reste von Gesteinsdecken auf altem Meeresboden. In langsamer Folge wurden ihnen aufgefliehen die Tone und Schiefer, die Mergel und Kalke, die Sandsteine, welche in vielfältigem Wechsel heute die sanfthügeligen Anstiege zum Fuße der Alb bilden, und weiter dann das, was jetzt an lichten Kalken und Mergeln, an schlanken Dolomitsäulen und wuchtigen Felsklötzen am steilen Rande der Alb und ihrer Täler aus grüner Waldgürtung hervorlugt.

Meer war hier. Und in dem Meere tummelten sich die Scharen seiner Bewohner. Versteinte Reste in unerschöpflicher Fülle den Gesteinen des Jura zu entnehmen geben Zeugnis von dem Tierreichtum des Jurameeres, der Jurazeit: Die feingewundenen Gehäuse der Ammonshörner, die des Schwabenlandes besonderer geologischer Schmuck sind, und die dornförmigen Belemniten — Tintenfischen, flüchtigen Schwimmern, entstammend. Tausend Muscheln und Schnecken, Herden von Armfüßern lebten hier. Auf schwankem Stiel schaukelten die Kronen vielarmiger Seeililien; und Seeigel, Seesterne und Krebse zogen über den Meeresboden hin. Dickleibige Schwämme formten hier ihre zierlichsten Kiesel- und Kalkgerüste. In sonndurchflutetem Meer bauten Korallen mit ihren Werksgenossen Riffinseln. Glasklare Medusen trieben mit der Flut, und in tausendfältigen Formen pulsierte das Leben von Kleingeschöpfen. Herden von glanzschuppigen Fischen fürchten das Wasser und wurden die Beute der mächtigen Raubherren des Jurameeres, der Mystriosaurer und Plesiosaurer, der Ichthyosaurer, deren abenteuerliche Skelette — teils noch mit wohlerhaltenem Umriß ihrer Körper — nach viel hunderttausendjährigem Todesschlaf aus den dunklen Lias-schiefern von Holzmaden jetzt wieder ans Licht gefördert werden. Flatternd wagten sich übers Meer die Pterodaktylen und Rhamphorhynchen, die Flugdrachen der Jurazeit¹ — und schwerfälligen Fluges kreiste die Archaeopteryx, als der „Urvogel“ angestaunt, um die aus schäumender Brandung ragenden Riffe.

¹ s. Note 2, Anhang S. 28.

Meer hier und reichstes Tierleben. Doch das Meer nicht gleichbleibend nach Art und Umgrenzung, und das Leben nicht etwa nur eine einzige Lebensgemeinschaft. Schicht um Schicht des Juragesteins lösen einander immer neue Lebensgemeinschaften ab, immer andere — wenn auch durch alle eine Reihe gemeinsamer Grundcharaktere zu verfolgen ist, welche die Zusammengehörigkeit zeigen und das besondere Gepräge der Jurazeit, der Mitte des lebensreichen Erdmittelalters bedingen.

Erdgeschichte wird an der Entfaltung und Umprägung des Lebens verfolgt. Die rohe Unterscheidung von „älter“ und „jünger“ nach der Lage übereinanderfolgender Schichtgesteine in der Erdrinde wird vergleichender historischer Forschung erst zugeführt durch strenge Verwertung der in den Gesteinen eingeschlossenen Reste von Lebensgemeinschaften der Vorzeit. Erst diese ermöglichen es, längere und kürzere Zeitabschnitte — Perioden, Formationen, Stufen — der Erdgeschichte zu präzisieren und zu unterscheiden — Zeitabschnitte, deren Dauer übrigens nach unseren gewöhnlichen Zeitmaßen nicht wohl zu bestimmen ist¹. In ihren Grundkomponenten gleiche Lebensgemeinschaften bestimmen — auch aus fern voneinander gelegenen Gebieten — gleiche und gleichalterige Zeitabschnitte; denn Erfahrung und Abwägung der in Betracht kommenden Momente lehren, daß wenigstens in rohester Begrenzung die Dauer einer Lebensgemeinschaft über sehr weite Gebiete hin als gleichwährend angenommen werden darf².

Für vergleichende erdgeschichtliche Forschung ist gerade der Jura Schwabens von grundlegendster Bedeutung geworden.

Zwar solche Forschung ging nicht ursprünglich von Schwaben aus. Die ersten Fundamente wurden hierfür in der Umgebung von Paris und in England gelegt. Dort wurden zu Anfang des vorigen Jahrhunderts überhaupt die ersten wichtigeren Grunderfahrungen für erdgeschichtliche Unterscheidungen gemacht und verwertet,

¹ s. Note 3, Anhang S. 28.

² s. Note 4, Anhang S. 29.

welche zur Feststellung sogen. geologischer „Formationen“¹ führten. Der intelligente englische Ingenieur WILLIAM SMITH² war es, welcher als erster erkannte, daß gleichartige Vergesellschaftungen von Versteinerungen — also gleiche Lebensgemeinschaften — gleiche, auch kürzere, Zeitabschnitte der geologischen Vergangenheit charakterisieren. Und SMITH sammelte diese Erfahrung vornehmlich in Gebieten und in Gesteinsfolgen Englands, welche unserem Jura gleichstehen. In den Juragebirgen Deutschlands, der Schweiz und Frankreichs wurde bald eine Anzahl gemeinsamer Züge mit den Juraablagerungen Englands erkannt; sie führten zu den Versuchen, Parallelen zwischen den Jurabildungen der verschiedenen Gebiete zu ziehen.

Hier in Württemberg war's der Forstmann Graf v. MANDELSLOH, der in seinem „Mémoire sur la constitution géologique de l'Albe de Wurtemberg“ — 1834 — die Ablagerungen des schwäbischen Jura mit denen des englischen in Vergleich setzte³. Und LEOPOLD v. BUCH, der größte unter den Geologen seiner Zeit, unterschied — unabhängiger von ausländischen Vorbildern — in einer 1839 vor der Berliner Akademie gelesenen Abhandlung „Über den Jura in Deutschland“ die drei Hauptstufen des „schwarzen, braunen und weißen Jura“ in Schwaben und Franken und weiter eine Anzahl von Unterstufen — im ganzen 12 —, welche je durch bestimmte „Leitmuscheln“ und besondere Vergesellschaftungen von Versteinerungen gekennzeichnet erschienen. Dabei sprach L. v. BUCH dem süddeutschen (und schweizerischen) Jura eine gewisse „zoologische“ und geographische Sonderstellung gegenüber dem englisch-französischen Jura zu.

¹ s. Note 5, Anhang S. 30.

² s. Note 6, Anhang S. 31.

³ Ältere Arbeiten, in denen des schwäbischen Jura gedacht wird, von JAEGER, HARTMANN, SCHÜBLER, STAHL u. a. sind — trotz mancher für ihre Zeit beachtenswerter Angaben — für die Auffassung des Jura bedeutungslos geblieben. Die in ihnen enthaltenen Beschreibungen und Aufzählungen von Juraversteinerungen sind meistens recht ungenau und entbehren gewöhnlich der genauen Angaben des Vorkommens. Letzteres gilt auch für das sonst in vielem vorzügliches Tafelwerk des Majors C. H. v. ZIETEN, Die Versteinerungen Württembergs 1830—33.

Im rohesten fand QUENSTEDT, als er hier 1837 sein Lehramt antrat, den Boden vorgepflügt für das, was ihm hier zu schaffen vorbehalten war. Durch die Beschäftigung mit der für die Berliner Universität erworbenen Petrefakten-sammlung des Freiherrn v. SCHLOTHEIM, durch den Umgang mit LEOPOLD v. BUCH war sein Interesse den Versteinerungen zugewendet worden und ihrer Bedeutung für die Geologie. Hier nun konnte er, aus dem Vollsten schöpfend, die Striche, welche WILLIAM SMITH in England skizziert hatte, zu einem imponierenden Bilde ausführen. Trotz der Mühseligkeit, „an einer kleinen Universität und in einer noch kleineren Stadt“ zu arbeiten — wie QUENSTEDT am Abend seines Lebens schrieb —, hat er unermüdlich und unverzagt die Schichten des schwäbischen Jura nach Versteinerungen durchsucht, der Natur den Gang ihres Werkes abgelauscht. Das Ergebnis: — Im schwäbischen Jura haben zahlreiche Lebensgemeinschaften — in z. T. sehr scharfen Schnitten voneinander geschieden — einander abgelöst. Diese Erkenntnis ermöglichte die Scheidung der BUCH'schen drei Hauptstufen des Jura in je sechs Stufen — QUENSTEDT's α — γ , in welchen wieder weitere Unterstufen als besondere „Lager“ und „Bänke“ bezeichnet oder auch nach vorherrschendem Gestein und bezeichnendsten Fossilien als Arietenkalk, Amaltheentone, Numismalmergel, Positionenschiefer usw. ausgeschieden wurden.

Für ein großes System von Gesteinsfolgen war zum ersten Male unter vollkommener Verwertung des Materials an Versteinerungen in minutiöser Ordnung eine geologische Zeitebene geschaffen, waren engste Zeitabschnitte zu einem einheitlichen großen Zeitbilde gefügt. Ein Vorbild war im schwäbischen Jura geschaffen, welchem sehr bald für die Untersuchung nicht nur anderer Juragebiete — z. B. Luxemburgs durch CHAPUIS und DEWALQUE —, sondern auch im Bereich anderer „Formationen“ gefolgt wurde, so von ANGELIN für das Silur Schwedens, GREWINGK für das Silur Estlands, BARRANDE für das böhmische Präcambrium bis Devon.

QUENSTEDT hatte sich weise Beschränkung auferlegt: nur was ihm Schwaben bot, ordnete er in sein System der Jurazeiten; Gleichstellungen mit Ablagerungen anderer Gebiete wurden zumeist vermieden. Seine Schüler — ROMINGER, OSKAR FRAAS, ROLLE — dehnten des Meisters Werk über die Grenzen Schwabens aus und fanden im Jura der Schweiz, Norddeutschlands, in Frankreich und England im ganzen die gleiche oder doch sehr ähnliche Ordnung der Dinge, wie sie den Jura unserer Alb beherrscht.

QUENSTEDT's größtem Schüler, ALBERT OPPEL, blieb es vorbehalten, durch aufmerksamsten Vergleich des schwäbischen Jura mit dem Frankreichs und Englands die Verbreitung wenigstens der meisten Lebensgemeinschaften der Jurazeit in gleicher Folge über weitere Gebiete Westeuropas mit großer Schärfe nachzuweisen. Bei der Benennung der Zeitabschnitte des Jura verließ OPPEL den Weg seines Lehrers und nahm z. T. englische und französische Stufenbezeichnungen an, die heute von internationalem Gebrauch geworden sind. Und für die engsten zu unterscheidenden und nicht weiter präzis nach älter und jünger zerlegbaren Lebensgemeinschaften — mit den sie einschließenden Gesteinen — führte OPPEL als Übersetzung der QUENSTEDT'schen Bezeichnung „-bank“ oder „-lager“, oder „-schiefer, -kalk“ den Ausdruck „Zone“ ein. OPPEL hatte erkannt, daß in den Lebensgemeinschaften dieser engsten Zeitabschnitte des Jura einzelne Komponenten dadurch vor den anderen ausgezeichnet sind, daß sie nur einer einzigen Lebensgemeinschaft angehören, daß solche Dominanten mit Änderung der Gesamtzusammensetzung einer Lebensgemeinschaft verschwinden, in der nächsten folgenden durch andere ersetzt werden. Zumeist sind es Ammonitenarten, die solche bestimmende Rolle spielen; ihnen kommt bei geringer vertikaler Verbreitung in der Schichtenreihe des Jura große horizontale Verbreitung durch Westeuropa zu. Sie fielen als „Zonenfossilien“ besonders auf und wurden von OPPEL zur Benennung der Zonen verwertet. Eine Zone im OPPEL'schen Sinne sollte die Verbreitungszeit einer bestimmenden Art — meist von Ammoniten — mit ihrer Begleitfauna be-

d e u t e n. Sie sollte zunächst nur Geltung im Bereich des deutschen und des übrigen westeuropäischen Jura haben, wenn es OPPEL auch vorschwebte, daß „ein jeglicher Horizont auch in der entferntesten Gegend wieder zu finden“ sei. Es ergab sich dann, daß wirklich an zahlreichen, selbst weitentfernten Orten Faunenfolgen jurassischen Alters gleich denen des schwäbischen und westeuropäischen Jura beobachtet wurden; man fand in Syrien, an der Indusmündung, in manchen Gebieten des Sunda- und Molukkenarchipels, in Südamerika, gleiche Faunen, gleiche Arten von Ammoniten, wie sie in Schwaben größeren oder kleineren Abteilungen des Jura eigen sind, — oder man glaubte, in vielen Fällen wenigstens, wirklich gleiches gefunden zu haben. Das brachte es mit sich, daß QUENSTEDT's und OPPEL's Schichten- oder Zonenschema ziemlich allgemein für die Gliederung von Jurabildungen Verwendung fand. Weiter ist dann der wesentlichst aus dem schwäbischen Jura gewonnene Begriff „Zone“ als Ausdruck einer einheitlichen, auf einen nicht weiter gut teilbaren, engen geologischen Zeitabschnitt beschränkten Fauna mit einer oder wenigen vorwaltenden Dominanten auch für die meisten anderen Formationen als Gliederungsmaß üblich geworden¹.

QUENSTEDT wie OPPEL nahmen die von ihnen gefundenen Regeln ohne weitere Diskussion als das eben von der Natur gegebene; sie sahen darin natürliche Gesetzmäßigkeit ausgedrückt und gingen den solche Gesetzmäßigkeit etwa bedingenden Vorgängen nicht weiter nach. Nur nebenher findet sich bei OPPEL die Andeutung, daß der Fossilinhalt aufeinanderfolgender Zonen nicht von abändernden F a z i e s v e r h ä l t n i s s e n bestimmt wurde², d. h. nicht abhängig sei von all den physikalischen und chemischen Bedingungen, welche bei der Bildung von Gesteinen zusammenwirken.

Die Zeit, in welcher QUENSTEDT und OPPEL ihre grundlegenden Werke über den Jura schrieben, die fünfte und

¹ s. Note 7, Anhang S. 31.

² OPPEL, Juraformation, S. 3. „Es wird dabei nötig gemacht, mit Hintansetzung der mineralogischen Beschaffenheit der Schichten die vertikale Verbreitung jeder einzelnen Spezies an den verschiedensten Orten zu verfolgen“ s. auch Note 8, Anhang S. 38.

sechste Dekade des vorigen Jahrhunderts¹, stand trotz der die Geologie reformierenden evolutionistischen Lehren eines KARL ERNST V. HOFF und eines CHARLES LYELL noch nahezu unbestritten unter dem Banne CUVIER's in bezug auf die Anschauungen von der Entfaltung des organischen Lebens: Die aufeinanderfolgenden Lebensgemeinschaften der Vorzeit wurden als scharf getrennte, übergangslose und zusammenhanglose Einheiten, als immer neue Schöpfungen, aufgefaßt. Die Verhältnisse im schwäbischen Jura wie in dem des ganzen Westeuropa, mußten unter der Herrschaft CUVIER'scher Gedanken als vollkommen selbstverständliche Erscheinungen angesehen werden: Schicht um Schicht eine anders geartete Fauna, eine neue Schöpfung².

Es bedurfte geraumer Zeit, ehe DARWIN's und seiner durch CUVIER niedergekämpften Vorläufer, LAMARCK und ST. HILAIRE, Grundlehren von der bruchlosen Verknüpfung der Schöpfungen — auf natürlichem Wege durch Abstammung — ihren siegenden Eingang auch in die Paläontologie und in die Erdgeschichte fanden³.

Ein Schüler OPPEL's — MELCHIOR NEUMAYR — wandte die neue Lehre auf die Tierwelten des Jura an, impfte der Juraforschung damit neues Blut ein und schuf der historischen Geologie überhaupt eine neue, gedankenreichere Basis. Sorgfältigst vergleichende Studien an Jurafaunen alpiner Gebiete, aus Westeuropa (und aus russischen wie nordischen Gegenden) zeigten ihm, daß wohl in der Faunenentfaltung des alpinen Jura viele verwandte Züge mit denen z. B. des schwäbischen Jura unverkennbar sind, daß aber in den Faunenfolgen alpin-mediterraner Regionen nicht diejenigen Unterbrechungen wiedergefunden werden, welche im mittel- und westeuropäischen Jura die vielfach so auffallend scharfen Schnitte zwischen einzelnen „Zonen“ bedingen⁴.

¹ QUENSTEDT's „Flözgebirge Württembergs“ erschien 1843 in I., 1851 in II. Auflage, „Der Jura“, 1856—57 (auf dem Titelblatt ist 1858 als Erscheinungszeit angegeben).

OPPEL's „Die Juraformation Englands, Frankreichs und des südwestlichen Deutschlands“ wurde 1856—58 veröffentlicht.

² s. Note 9, Anhang S. 38.

³ s. Note 10, Anhang S. 39.

⁴ s. Note 11, Anhang S. 41.

Besonders die Entfaltung mancher Ammonitengeschlechter läßt im alpinen Jura diejenigen Wege erkennen, welche den Anforderungen der Abstammungslehre entsprechen: die lückenlose Aufeinanderfolge der Arten durch längere Zeitabschnitte hindurch. Im schwäbischen Jura treten die Arten der gleichen Gattungen „sporadisch“, diskontinuierlich auf, nur in einzelnen Zonen, während sie in anderen Zonen, in Zwischenzeiten fehlen¹. Weiter kommen andere Ammonitentypen im alpinen Jura miteinander vergesellschaftet vor, während sie im schwäbischen Jura getrennten Zonen eigen sind; es ist also die Zeit des Auftretens und die Verbreitungsdauer von Ammonitengattungen im alpin-mediterranen und im schwäbischen Jura nicht die gleiche. NEUMAYR betonte dann scharf, daß im schwäbisch-mitteuropäischen Jura zahlreiche Faunenelemente — vornehmlich eben Ammoniten — zu erkennen sind, welche dort im einzelnen wie die Jurafaunen Mittel- und Westeuropas in ihrer Gesamtheit nicht autochthon sein können, sondern — „unvermittelt“ ohne Zusammenhang mit ihren örtlichen Vorgängern auftretend — Einwanderer, Kolonisten sein müssen.

Einwandfrei läßt es sich feststellen, daß das Jurameer, welches seine Gesteine denen unserer Trias, speziell unseres Keupers auflagerte, nicht der unmittelbare Flutfolger älterer Meere unseres Gebietes ist. Es entspricht vielmehr einem über landfest gewordenen Gebiet neu eindringenden Meere; es setzte mit einer neuen Invasion, mit einer „Transgression“ ein. Während der allerjüngsten Phase der Trias, im sogen. „Rhät“, begann dieses Übergreifen des Meeres². Das Meer rang dem Lande zunächst nur schmale Straßen, kleinere Buchten ab, gewann in den Jurazeiten immer mehr und mehr an Terrain (um während des Ausklingsens der jüngsten Jurazeit bei uns dem Lande wieder zurückzugeben, was es ihm einst entrissen). Wie das Meer hier (und in allen nicht alpin-mediterranen Gebieten Europas) ortsfremd, so natürlich auch das, was in ihm lebte. Und letzteres, die Lebensgemeinschaften des Jurameeres, nicht etwa nur einer einzigen Invasion zu Beginn der Jurazeit entsprechend

¹ s. Note 12, Anhang S. 42.

² s. Note 13, Anhang S. 44.

und dann aus dieser hier in unseren Gebieten umgeprägt, entwickelt. Zahlreich folgten vielmehr solche Invasionen aufeinander; 28 konnte NEUMAYR s. Z. aus hier vorfahrenlos, „unvermittelt“, auftretenden Faunenelementen — abermals vorwiegend Ammoniten — feststellen. Solche Einwanderungen schufen mit das in so vielen Teilen als zusammenhanglos sich darstellende Faunenbild, welches die Gesamtheit der Lebewelten des schwäbischen Jurameeres uns enthüllt.

Durch Vergleiche mit den Faunenführungen anderer Juragebiete fand NEUMAYR weiter Hinweise auf die Heimat unserer Jurakolonisten: zum sehr großen Teile müssen sie alpin-mediterranen Meeren entstammen; denn wenigstens für sehr viele, für die meisten, Faunenelemente des schwäbischen Jura sind die Stammeltern im Bereich alpiner Juragebiete nachzuweisen oder doch wenigstens sicher als dort einheimisch anzunehmen¹.

Die Wege, auf welchen die Einwanderer nach Schwaben gelangten, führten z. T. über Südostfrankreich und die Westschweiz, z. T. mögen sie auch durch Pforten des vindelicischen Landwalles gegangen sein, deren Lage festzustellen heute (nahezu oder ganz) unmöglich ist. Wenigstens für die Zeiten des unteren Jura, des Lias, und für die längste Zeitdauer des mittleren Jura, des Dogger, sind nur solche Wege anzunehmen; das läßt sich aus der im größten leicht zu rekonstruierenden Verbreitung der jurassischen Meere und Länder sehr wohl erweisen. Erst später, in der Doggerzeit (im sogen. Bathonien, vielleicht schon im Bajocien), wurden andere Straßen zum süddeutschen Jura geöffnet. Der böhmische Pfeiler, das alte Gerüststück Mitteleuropas, wurde Insel, neu hereinbrechende Meeresfluten trennten ihn von dem im Westen mehr und mehr zerstückelten eurasischen Kontinent. Eine „Regensburger Straße“ schnitt das vindelicische Land von Böhmen und führte vom schwäbisch-fränkischen zum mährischen und polnischen Jura; und das

¹ Es wird wohl auch für die „kryptogenen“ Typen, deren geographischen Ursprung NEUMAYR nicht festzustellen vermochte, größtenteils das Mediterrangebiet als Heimat annehmen lassen.

vindelicische Land mag im jüngeren Jura, im Malm, ganz oder doch größtenteils dem Meere zum Opfer gefallen sein und breiteren Verbindungen zwischen den Meeren Schwabens und der Alpen Raum gegeben haben. Andere Straßen öffneten sich im Süden und Westen der großen, von der eurasischen Landmasse durch die von Norden vorschreitende Transgression des russischen Jurameeres abgeschnittenen Insel Fennoskandia: im Süden gewann ihr das vordringende norddeutsche und polnische Jurameer, das mit dem zentralrussischen in Verbindung trat, Terrain ab; und im Westen wurde sie durch die „Shetlandstraße“ NEUMAYR's von der durch den Nordatlantik über Nordamerika ausgedehnten Landmasse geschieden. Auch diese Wege wurden benutzt: auf ihnen drangen aus russischen und arktischen Gebieten neue, anders gartete Einwanderer in die Meere Mittel- und Westeuropas: z. T. nahmen sie ihren Weg um die Westküste der Ardenneinsel über die Schweiz, um nach Süddeutschland zu gelangen, z. T. wanderten sie an der Südküste der böhmischen Insel entlang¹.

Leicht ist aus solchen Vorgängen ein Teil der den schwäbischen, wie den mittel- und westeuropäischen Jura überhaupt kennzeichnenden faunistischen Verhältnisse zu verstehen: das häufige Vorkommen „unvermittelt“ auftretender Faunenelemente. Aber wird uns damit auch wirklich der Schlüssel gegeben, um für die Frage nach der so diskontinuierlichen Entfaltung des Lebens, wie sie in den Zonen unseres Jura uns entgegentritt, die Lösung zu finden, die letzten Probleme der scharfen Zonengliederung zu erklären? Restlosen Aufschluß finden wir so jedenfalls nicht. Was neu einwandert, ist keineswegs immer die ganze, einer Zone angehörende Lebensgemeinschaft. Reste — in manchen Zonen recht stattliche — einer früheren Fauna können erhalten bleiben, neben den neuen Kolonisten weiter bestehen und zu neuen Arten umgeformt werden. Häufig nur Teile einer Fauna — auffallendst wieder Ammonitengeschlechter, doch auch Angehörige anderer Typen — werden an der Grenze einer Zone plötzlich ausgelöscht,

¹ s. Note 14, Anhang S. 45.

durch neue Einwanderer ersetzt, welche nach kürzerem oder längerem Blühen dann wieder mehr oder weniger plötzlich verschwinden, hier aussterben und dann durch abermals neue Kolonisten ersetzt werden. Mehrfach wird aber auch (fast) der ganze Bestand einer Fauna — und zwar nicht nur Ammoniten — mit Eintritt einer neuen Zone durch eine neue Fauna ersetzt: die Addition neuer Faunenelemente durch Einwanderung führt dann nicht etwa — wie es natürlicher schiene — zu schrittweiser, langsamerer Verdrängung der alten Insassen des Gebietes; diese werden vielmehr plötzlich, wie durch katastrophale Ereignisse ausgelöscht. Das ist ein Phänomen, welches ähnlich oder noch schärfer akzentuiert in den Meeren der älteren Kreide Norddeutschlands sich wiederholt. Dort lösen in mehrfachem, plötzlichem Wechsel Ammonitenfaunen einander ab, von welchen für die einen die Herkunft aus südlichen, französisch-mediterranen Gebieten, für die anderen aus östlichen und nordischen Meeren in vollster Schärfe festzustellen ist; dabei aber nicht Konkurrenzkampf zwischen südlicher und nördlicher Fauna zu erkennen, sondern je phasenloser Sieg der einen über die anderen. Dort, wie in unserem Jura, kein kontinuierlicher Zustrom neuen Lebens, sondern — wie ruckweise — Neues eindringend, Altes verschwindend.

NEUMAYR suchte nach weiteren Erklärungen für die Unterschiede zwischen den Jurafaunen alpin-mediterraner und schwäbisch-mitteuropäischer — sowie russisch-nordischer Gebiete. In der geographischen Anordnung der marinen Jurafaunen, sowie in den faunistischen Charakteren der einzelnen Gebiete glaubte er als das regelnde Prinzip klimatische Faktoren zu erkennen, und zwar in erster Linie Temperaturverhältnisse. In den alpin-mediterranen Faunen sah er den Ausdruck tropischer Meeresverhältnisse, in den dem schwäbischen Typus folgenden mittel- und westeuropäischen Faunen die Lebensgemeinschaften von Meeren gemäßigter Temperaturen, und für den Jura Rußlands und der Arktis wurde boreales Klima als die dortige Fauna bestimmend angenommen. In die so gewonnenen Klimaprovinzen wurden die übrigen Juragebiete der Erde eingereiht. Erdumspannende Klimagürtel wurden konstruiert,

Klimazonen, welche auf der Südhemisphäre die auf der Nordhalbkugel herrschenden Verhältnisse widerspiegeln sollten. Die schwäbischen Jurafaunen waren zum Typus einer besonderen Klimaprovinz, der nördlich-gemäßigten Klimazone, erhoben worden.

Eine der allerbefeuchtendsten Hypothesen hatte NEUMAYR damit auf den geologischen Markt geworfen. Überall ging man daran, Jurafaunen auf ihre Abhängigkeit von Temperaturverhältnissen zu prüfen. Je kritischer aber die Sonde des Vergleichs angelegt wurde, je mehr die Jurafaunen anderer, außereuropäischer Gebiete bekannt und analysiert wurden, um so mehr ergaben sich schwerwiegende Einwürfe gegen die zuerst mit Begeisterung aufgenommene These. Das geographische Verhalten zahlreicher Juravorkommnisse, welche in ihrem faunistischen Charakter dem schwäbischen Jura gleichzustellen sind, zu alpin-mediterranen, ergibt die Unmöglichkeit, Temperaturverhältnisse der Jurameere als die alleinigen oder auch nur als die ersten Regulatoren des Meereslebens jurassischer Zeiten anzuerkennen. Aus den Verbreitungsgebieten „tropischer“ Jurafaunen sind mehrfach solche vollkommen schwäbisch-mittleuropäischen, also nach NEUMAYR gemäßigt klimatischen, Gepräges und von mitteleuropäischer Geschlechterfolge gefunden worden. Vom Hermon in Syrien kennt man Jura-Versteinerungen so täuschend gleich denen hier aus Schwaben, daß sie selbst von erfahrenen Sammlern mit schwäbischen verwechselt wurden. Am Rande der Alpen selbst und an zahlreichen Stellen der Karpathengebiete, dann im Friaul und weit im Osten an verschiedenen Orten des Sunda- und Molukkenarchipels, auf dem Isthmus von Suez, in Abessynien, im Westen Südamerikas wurden Jurafaunen entdeckt, die überraschend solchen schwäbischer und mittel- wie westeuropäischer Art gleichen, z. T. auch manche „borealen“ Einschläge zeigen. Als ich den weißen Jura an der unteren Donau bei Hârsova in der Dobrogea sah, staunte ich, in Gestein und Versteinerungen das gleiche zu finden, wie ich es aus Franken und Schwaben vom Oberlauf der Donau kannte. — Inmitten des Verbreitungsgebietes der NEUMAYR'schen tropischen Jurameere

liegen diese und manche anderen, gleich zu wertenden Vorkommnisse; sie umgürten und begleiten „äquatoriale“ Faunen. Das spricht dagegen, daß Temperaturverhältnisse die Verbreitung und den Charakter jurassischer Meeresfaunen bedingten.

Durch solche Worte will ich nicht etwa ausdrücken, daß zur Jurazeit keine Klimadifferenzierungen auf der Erde existiert hätten. Das schiene mir undenkbar, mit den physikalischen Verhältnissen des Erdkörpers ganz unvereinbar. Nur eins soll betont werden: Wie heute in den Meeren der Erde keineswegs durchweg scharfe Scheidung der Faunen nach klimatischen Momenten, nach Temperaturdifferenzierungen in der Form von erdumspannenden Gürteln zu erkennen ist, so auch einst und — nach der Geschichte der Jurameere noch weniger als heute — zur Jurazeit¹.

Mit der Ablehnung der klimatischen Provinzen und Gürtel NEUMAYR's kehren wir bis zu gewissem Grade zu der Auffassung des geistvollen Spötters und Zänkers JULES MARCOU² zurück, der — als QUENSTEDT's und OPPEL's Jura-studien eben wie helle Fackeln das erste Licht in die Methodik historisch-geologischen Arbeitens getragen hatten — den ersten glücklichen Versuch machte, faunistisch gleiche Gebiete jurassischer Ablagerungen zusammenzufassen und von anders gearteten zu trennen. Gleichartiges faßte er zu einer „homöozoischen Provinz“, zu einem „homöozoischen“ Gürtel, zusammen. Er schaltete dabei den Einfluß klimatischer Faktoren nicht aus, erkannte ihm aber keineswegs die erste, entscheidendste Rolle zu.

Versuchen wir nach den Erfahrungen und Arbeiten der letzten Jahrzehnte dem Wesen homöozoischer Provinzen der Jurameere nachzuspüren. Immer deutlicher — je mehr wir aus fremden Gebieten beurteilen lernen — erkennen wir, daß die Zusammensetzung der Faunen wechselt nach der geographischen Konfiguration und physikalischen und chemischen Eigenschaften der Meere, nach Tiefenverhältnissen, nach dem Verlauf von Strömungen, nach der Art

¹ s. Note 15, Anhang S. 48.

² J. MARCOU, Lettres sur les roches du Jura. 1857—60. X. Lettre 1860, S. 314 ff. und Karte.

der Sedimente, welche den die Meere umsäumenden Ländern entstammend in den Meeren aufgehäuft werden. Und wir erkennen weiter, wie für die Faunencharaktere eines Meeresgebietes die **Gestaltungsgeschichte** eben dieses Gebietes mit den historischen Folgen seiner Besiedelungsvorgänge von allergrößter Bedeutung ist.

Präzisieren wir daraufhin die Art des schwäbischen Jura und der ihm homöozoischen Nachbargebiete und die Beziehungen zu anderen, speziell zum alpin-mediterranen Jura-gebiet. Wir erhalten das Bild: Die Juraablagerungen Schwabens und Mittel- wie Westeuropas außerhalb der Alpen wurden, wie aus ihren Gesteinen und den in ihnen erhaltenen Versteinerungen hervorgeht, gebildet in flachen Meeren, deren Tiefe nur selten, nur in wenigen Phasen der Jurazeit, die Tiefe der Kontinentalstufe übertraf. Das waren flache, epikontinentale Randmeere, welche durch eine Anzahl größerer und kleinerer Inseln — Zentralplateau, armorikanisch-walisisch-irische Insel¹, Pennin- und Grampianinsel, die rheinische oder Ardenneninsel, Harz u. a. — eingeengt und von kontinentalen Küsten und Landzungen umsäumt waren. Sie standen in beschränkter (und vielfach geänderter) Kommunikation mit einem weithin offenen Meere, dem äquatorial gerichteten Mittelmeere — der „Tethys“. Diese, mit das persistenteste Meer aller geologischen Zeiten, von dem die Erdgeschichte uns berichtet, durchzog von den Gebieten des pazifischen Ozeans das südöstliche Asien, flutete durch die heutigen Hochgebirgsgebiete Asiens, durch Klein-Asien, über die Mittelmeergebiete und die Alpen-Karpathenregion gen Westen, und sie mag erdumspannend über den heutigen Atlantic gen Mittelamerika gerichtet gewesen sein². Von dieser Tethys aus wurden durch Transgressionen über landgewesene Gebiete erst die jurassischen Randmeere Süddeutschlands, Frankreichs, Englands, Norddeutsch-

¹ Diese Dreiheit NEUMAYR'scher Inseln entsprach wohl richtiger Halbinseln, die von atlantischem Lande gegen Osten ragten.

² s. Note 14, Anhang S. 49.

lands geschaffen¹. In der Tethys mit ihren mannigfachsten Faziesdifferenzierungen von strandnächster Flachsee bis zu Tiefen weit unterhalb der Kontinentalstufe, mit zahlreichen Inseln, Klippen und Riffen wurde aus den Lebewesen der Triaszeit die Meeresfauna des alpin-mediterranen Jura, und durch die wenig oder gar nicht behinderten Wechselwirkungen zwischen den verschiedensten Faziesbezirken erfuhr diese Fauna hier allmählich ihre Umformungen von der des Lias zu jener des Tithon. In der Tethys mußten — entsprechend ihrer Erstreckung und aus der Rotation der Erde sich ergebend — Strömungen von vorwiegend ost-westlicher Richtung herrschen, welche die Wässer und das Leben der Tethys in die nach Norden und Süden sich anschließenden Randmeere, darunter das schwäbische, trieben. Die Tethys war der lange, seit den Zeiten des Silur wenigstens, währende Jungbrunnen, aus welchem den Randmeeren — wie dem schwäbischen Jurameer — immer wieder neues Leben zufloß. Aus solcher Erkenntnis folgt notwendig: Temperaturverhältnisse waren unmöglich die in erster Linie die faunistischen Charaktere der Jurameere bestimmenden Momente. Die unterscheidenden Gesamteigenschaften der schwäbischen und mitteleuropäischen Jurafaunen können nur durch Isolierung von den ursprünglichen Heimats- und Nährgebieten — Tethys und später auch russisch-arktisches Meer — und durch mehr oder weniger weit umformende Anpassung an die anderen Lebensbedingungen im Bereich der okkupierten Randmeere entstanden sein.

Aber auf Grund dieser Erkenntnis lassen sich doch eben nur eine Anzahl von Änderungen der Faunenbilder verstehen — die Addition neuer Elemente, Umprägungen als Folge von Anpassungsvorgängen. Die diskontinuierliche Faunenentfaltung durch wiederholtes plötzliches Auslöschen, durch Ersatz ganzer Lebensgemeinschaften oder auch nur größerer oder kleinerer Teile derselben bleibt dadurch unerklärt. Was aber dann die letzten wirklich bedingenden

¹ In modern-geographischem Sinne waren das also „Ingressionsmeere“.

Ursachen für die gerade die Juraablagerungen schwäbischer und mitteleuropäischer Gebiete so bezeichnenden Erscheinungen, welche hier in der Trennung der Faunen aufeinanderfolgender Zonen vielfach geradezu in katastrophaler Art sich geäußert haben?

OPPEL, NEUMAYR leugneten, daß die Verhältnisse der Jurafaunen beherrscht würden durch Einflüsse der sogen. Fazies. — Gehen wir die Gesteinsreihen unseres schwäbischen Jura durch. Wir erkennen, wie in vielfachem, buntem Wechsel Gesteine verschiedenster Art einander ablösen: vielartige Kalke und Mergel, Tone und Schiefer und Sandsteine. Jedes Gestein, besondere Fazies zeigend, ist das Produkt, der Ausdruck je einer Summe von zusammenwirkenden physikalischen und chemischen Vorgängen und Bedingungen, welche an der Bildungsstätte des Gesteins herrschten und in den die Gesteinskomponenten liefernden Landgebieten. Folgen wechselnder Gesteine sind der Ausdruck zeitlich abgeänderter physikalischer und chemischer Bedingungen, abgeänderter Faziesverhältnisse. Prüfen wir nach solcher Erkenntnis, die aus den Erfahrungen moderner Meereskunde, aus der Entstehungsgeschichte jetzt werdender Gesteine gesammelt sind, mit den Gesteinen die Faunenfolgen unseres Jura: In recht vielen Fällen läßt sich schon heute — so wenig auch Arbeiten nach dieser Richtung exakt durchgeführt sind — erkennen, daß schärfer ausgeprägter, plötzlicherer Faunenwechsel Hand in Hand geht mit deutlich ausgesprochenem Wechsel des Gesteinscharakters, der Fazies; umgekehrt: dort, wo — wie in großen Abschnitten unseres weißen, oberen Jura — längere Zeit hindurch, also in vertikaler Richtung, die Eigenschaften der Gesteine die gleichen bleiben, dann auch die von ihnen umschlossenen Lebensgemeinschaften längere Zeit hindurch mehr gleichbleibende Züge aufweisend, von gleichartigerer Zusammensetzung. Wie die Gesteine, so sind auch die Faunen der Vorzeit in ihren Abänderungen, in ihren differenten Folgen zu erkennen als abhängig von den physikalischen und chemischen Verhältnissen ihrer Umwelt¹.

¹ s. Note 16, Anhang S. 56.

Die erkennbaren abgeänderten Faziesverhältnisse und Lebensbedingungen der Jurameere auf ihre letzten Ursachen hin zu untersuchen, das ist die Aufgabe, welche noch in den meisten Gebieten der Bearbeitung harret. — Bewegungen in dem festen Gerüst der Erde, hiedurch hervorgerufene Umsetzungen von Meeresteilen und Meeresströmungen, die Öffnung neuer, das Schließen anderer Meeresstraßen, die durch solche Bewegungen — und durch Veränderungen der Flußsysteme, durch Wechsel der Niederschlagsmengen — abgeänderten Verhältnisse der Landabtragung auf der einen und der Gesteinsaufschüttung auf der anderen Seite müssen auf die Meere der Vorzeit wie auf deren Bewohner selbstverständlich regelnden Einfluß ausgeübt haben. Wiederholte Änderungen der geographischen Konfiguration in größerem Ausmaß mochten in ihren Einwirkungen auf das abgeschnürte, unselbständige Meer des schwäbischen Jura und seiner analogen Anhänge diejenigen — uns als plötzlich eintretend erscheinenden — Änderungen in der Zusammensetzung, im Bestande und in der Folge der Meeresfaunen hervorrufen, welche die schärferen Grenzen zwischen Zonen und Stufen bedingen. Stetig sich abspielende (und geringfügige, lokal beschränkte) Änderungen der physikalischen Bedingungen konnten den Bestand einer einmal gegebenen Lebensgemeinschaft nur in unmerklicheren Schritten, nur wenig umändern¹.

Gerade die **U n s e l b s t ä n d i g k e i t** nach dem Gang des Werdens, nach viele Male abgeänderten geographischen und damit faunistischen Abhängigkeiten von der Tethys — und in späteren Zeiten von den Meeren Rußlands und der Arktis — ist der hervorstechendste, artbedingendste Grundzug des schwäbisch-mitteuropäischen Jurameeres. Sie ermöglichte erst diejenigen Einwirkungen geologischer Vorgänge, welche Hand in Hand mit der so vielfältig und schnell abgeänderten Gesteinsausbildung die auffallend diskontinuierliche Entfaltung der Meeresfaunen bedingten, welche hier die scharfe Zonengliederung zu erkennen gestatten. Auf sie, auf diese streng zu betonende und

¹ s. Note 16, Anhang S. 56.

betonte Unselbständigkeit, muß es zurückgeführt werden, daß unser Jura überhaupt zum Vorbilde für geologische Zeitenteilungen, zum Muster für historisch-geologische Forschungen werden konnte.

Die hier im letzten skizzierten Auffassungen müssen eingehender kritischer Behandlung unterzogen werden. Der Franzose d'ARCHIAC vermißte einst in den Werken QUENSTEDT's und OPPEL's die genügende Würdigung der rein geologischen — d. h. auch der petrographischen und faziellen — Verhältnisse der Juraablagerungen. Durch einzelne Arbeiten meiner Schüler sind im Jura Frankens und Norddeutschlands kleinere Teilgebiete so durchforscht, daß in sorgfältiger Weise die Gesteinsabänderungen in den Sedimentfolgen zusammen mit den faunistischen Verhältnissen geprüft wurden. Gleiches bleibt hier im schwäbischen Jura zu tun. Die Gesteine unseres Jura müssen erforscht werden nach ihrer Art, ihren Abänderungen, ihrer Verbreitung und Ablösung durch andere in horizontaler und vertikaler Richtung, nach ihrer Genesis — in allem: nach ihrer Bedeutung für Fragen der Paläogeographie. Alle Komponenten der einander ablösenden Faunen müssen — zusammen mit den jetzt ihr Totenbett bildenden Gesteinen — so genau, als es das von der Natur überlieferte Material überhaupt zuläßt, untersucht werden auf die Zeit ihres jeweils ersten Erscheinens, auf ihre genetischen Zusammenhänge, auf ihre Herkunft, auf ihre Beziehungen zu Zeit- und Ortsgenossen, auf ihre Umprägungen, auf ihre Dauer in unserem Jura, auf die Zeit und die Umstände ihres Verschwindens¹. Vergleichende Untersuchungen müssen in anderen Juragebieten ausgeführt werden, um tiergeographische Fragen zu klären, die Wechselbeziehungen der Jurafaunen untereinander festzustellen und um für die Beurteilung der die Geschiecke der Jurazeit beherrschenden orogenetischen Vorgänge einwandfreie Unterlagen zu gewinnen.

¹ Alle Faunenglieder müssen so untersucht werden, und nicht nur — wie bisher meist — die besonders bevorzugten Ammoniten.

Wird solches — allerdings peinlichste Sorgfalt und auch das vorsichtige Verwerten minutiösester erscheinender Details erfordernde — Arbeiten durchgeführt, dann wird, so hoffe ich, der schwäbische Jura auch für die letzten Aufgaben der historischen Geologie — die exakte Verfolgung der Umprägungen des Lebens der Vorzeiten mit den diese bedingenden geologischen Vorgängen — mit der Schlüssel werden, wie er einst durch QUENSTEDT der Ausgang eigentlicher historisch-geologischer Forschung überhaupt geworden ist.

Arbeiten, wie sie nach diesen letzten Skizzierungen als notwendig auszuführende bezeichnet wurden, erfreuen sich heute nicht gerade sonderlicher Beliebtheit. Das ist z. T. auf den Einfluß der allmählich groß angewachsenen geologischen Landesanstalten zurückzuführen, deren mehr praktischen Bedürfnissen auch der Unterricht an einer Reihe unserer Hochschulen sich angepaßt hat. Der Feldgeologe bedarf für seine kartierende Tätigkeit und für die sonst von ihm zu lösenden Aufgaben mehr der offensichtlichen Schemata, ihm sind wichtig charakteristische Gesteine, eine mäßige Anzahl leicht wieder zu erkennender Versteinerungen, Leitfossilien. Der minutiösen Untersuchung faunistischer Verhältnisse mit peinlicher Berücksichtigung aller Komponenten der fossilen Faunen, mit der notwendigen, aber umständlichen und zeitraubenden, paläontologischen Detailarbeit geht er gern — und oft wohl auch notgedrungen — aus dem Wege. Die eine der Endaufgaben der Erdgeschichte, den Gang des Lebens zu verfolgen, liegt ihm meistens fern.

Und noch ein anderes Moment macht die angedeuteten Aufgaben zu heute recht wenig gepflegten. Im Vordergrund geologischen Arbeitens stehen heute vielfach mehr die Fragen morphogenetischer Art, Fragen nach der Entstehung der Gebirge, nach der Art und den Ursachen vulkanischer Vorgänge, nach den großen Vereisungen, nach der Modellierung der Landformen. Das sind Fragen, für welche leichter auch weitere Kreise zu interessieren sind,

Fragen, für welche die historische Geologie die dienende Magd ist, deren Anteil an der richtigen Lösung der gestellten Probleme meistens kaum gewürdigt wird.

Unter dem Einfluß dieser Faktoren befindet sich heute die historische Geologie, die Erdgeschichte, in Deutschland wie z. T. auch anderwärts auf einem bedauerlichen Tiefstande und mit ihr die auf das engste ihr verbundene Paläontologie. Die Zeiten des vorigen Jahrhunderts, da von vielen voller Begeisterung den historischen Problemen der Geologie und der Paläontologie nachgegangen wurde, scheinen dahin. Und doch harren hier große, bedeutsame Aufgaben der Lösung: zu ergründen, wie mit dem Gang der Zeiten, unter dem Einfluß geologischer Geschehnisse, das Leben der Erde seinen heutigen Formen, seiner heutigen Verteilung in den Wässern und auf den Ländern der Erde zugeführt worden. Dokumente zur Lösung solcher Aufgaben birgt in reicher Fülle auch der schwäbische Jura. Sie zu heben, zu entziffern, durch umsichtigen Vergleich ganz lesbar zu machen, das ist ein Ziel, welchem erneute, weiter vertiefte Durchforschung unseres Jura zuzustreben hat.

Anhang.

Zusätze und Erläuterungen.

Note 1, Seite 6. Vindelicisches Gebirge, Ardenneninsel etc. Mag auch kein direkter Rest des „vindelicischen Gebirges“ mehr sichtbar sein, die Ausbildung der (süd)deutschen Trias und ihr Verhalten zu jener der Alpen, die Entwicklung des Jura in der Regensburg-Passauer Gegend, die petrographische Ausbildung des Lias bis weit in den braunen Jura hinein in Franken und Schwaben geben so viele sichere Hinweise auf die einstmalige lange währende Existenz eines vindelicischen Landes, daß die Bekämpfung, welche ihm M. NEUMAYR einst zuteil werden ließ, längst nicht mehr anerkannt werden darf. Das „vindelicische Gebirge“ ist nicht mehr nur ein theoretisches Postulat für die Erklärung der Eigenart der germanischen Trias und des süddeutschen Jura, sondern eine notwendige Folgerung aus den petrographischen und faunistischen Charakteren dieser Schichtsysteme. A. TORNQVIST konnte nachweisen, daß bis nach Sardinien hin die Existenz einer solchen Landbarre gefolgert werden muß.

Um vieles klarer liegen die Anzeichen für die Existenz einer „Ardenneninsel“, welche M. NEUMAYR bei seinen paläogeographischen Rekonstruktionen aus der Jurazeit angenommen hatte. 1909 wurde mir auf einer Versammlung des niedersächs. geol. Vereins in Osnabrück von mehreren Seiten das Vorhandensein dieser Landmasse (STILLE wollte sie erst im oberen Jura anerkennen) schon während der Liaszeit lebhaft bestritten — als ob es je uferlose Meere gegeben hätte. Ich schloß (mit NEUMAYR, DOUXAM u. a.) die Existenz dieser Insel auch während der älteren Jurazeiten aus der geographischen Verbreitung, der \pm lückenhaften Ausbildung und dem petrographischen Verhalten des Lias in Lothringen, Luxemburg und im nordwestlichen Deutschland. Heute ist die Ardenneninsel auch schon während des Lias durch die Arbeit von TH. BRANDES (Die faziellen Verhältnisse des Lias zwischen Harz und Eggegebirge Diss. Göttingen 1911) über jeden Zweifel erwiesen.

In bezug auf die Überflutung der Vogesen-Schwarzwald-Gebiete durch das Jurameer ist noch nicht alles geklärt. In den südlichen Teilen mögen (zeitweilige?) Emersionen stattgehabt haben; das wird sich erst aus exakter vergleichender Untersuchung besonders der südlichen Jurarelikte im Rheintalgraben ergeben.

Im Nordwesten Süddeutschlands dürfte zeitweilig (Grenzzeit Lias-Dogger) das Land der Ardenneninsel über den Westrich gen Süden gereicht haben.

Note 2, Seite 7. Lebensweise der Flugsaurier. STROMER v. REICHENBACH (Rekonstruktion d. Flugs. Rhamph. Gemmigi H. v. M. — N. Jahrb. f. Min. etc. 1913. Bd. 2. S. 51) hat den Flugsaurier Rhamphorhynchus jüngst wieder als Fischräuber erklärt (wie schon früher SEELEY). Das Rechengebiß mit schlankspitzigen Zähnen würde ihn gar nicht als fliegenden Räuber der Luft — und dann als Insektenfresser — bestehen lassen. Mit dieser Deutung ist die Art des Vorkommens, und zwar nicht nur des Rhamphorhynchus, sondern auch der übrigen lang- wie kurzschwänzigen Flugsaurier gut vereinbar: etwas häufiger werden die Skelettreste dieser Typen nur gefunden in den an Fischen reicheren Ablagerungen, in den Posidonomyenschiefern des Oberlias, in den lithographischen Schiefern des jüngsten Jura, in der oberen Kreide von Kansas.

Note 3, Seite 8. Dauer geologischer Zeitabschnitte. Vielfach sind Versuche angestellt, durch Gesteine ausgedrückte Abschnitte geologischer Zeiten, nach Jahren oder Vielheiten von Jahren zu bestimmen, daraus das Alter größerer Gesteinsserien oder gar der Erde zu berechnen. Die gewonnenen Resultate weichen je nach den Prämissen weit voneinander ab und sind meist recht wenig befriedigend. Aus dem Bereich des süddeutschen Jura hat A. ROTHPLETZ (Über die Einbettung der Ammoniten in die Solnhofener Schichten. Abh. d. k. Bayer. Akad. d. Wiss. II. Kl. Bd. 24, Abt. 2, 1909, S. 329) eine wohlüberlegte absolute Zeitschätzung gegeben: Er folgert, daß im Bildungsgebiet der Solnhofener lithographischen Schiefer pro Jahr etwa 5 cm Sediment aufgehäuft wurden. — Unser Jura scheint mir zu dieser Frage noch einen weiteren Beitrag zu liefern. Im unteren Weißen Jura oder Malm, in den „Impressatonen“ (W. J. α) und den „Bimammatus-Schichten“ (W. J. β) folgen in auffallend regelmäßigem Wechsel Tone und Kalke — und zwar so: anfangs mächtigere Tonlagen enthalten nur vereinzelte Kalkbänke eingeschaltet, die Kalkbänke folgen in immer geringeren Zwischenräumen, schließlich im W. J. β stehen die wohlbekannten, dichtgepackten Kalkmauern unserer Alb da — Bänke mit nur geringsten Tonzwischenlagen. Der Wechsel von Ton und Kalk bedeutet wechselnde Zufuhr terrigenen Detritusmaterials in das Malmmeer. Die Zufuhr ist abhängig von dem Quantum zuströmenden Süßwassers benachbarten Landes. Die Quanta dieses Wassers wechseln nach Niederschlagsmengen, diese nach Jahreszeiten oder nach größeren Perioden. Für jahreszeitliche Schwankungen scheinen mir die Tonlagen in den tieferen Schichten, die Kalkbänke in den höheren zu mächtig. Ich möchte an größere Perioden, etwa an die BRÜCKNER'schen 35jährigen Perioden denken. Die Zeit

für die Aufhäufung der Gesteine der Bimammatus-Zone würde dann der nur recht gering erscheinenden Zahl von etwa 3000 Jahren entsprechen¹. Dabei wäre weiter nicht nur an so periodisch schwankende Niederschlagsmengen zu denken, sondern auch an stetig sich ändernde: Die Zeit des W. J. α eine solche mit dauernd reichlichen Niederschlägen, welche allmählich in eine länger währende Trockenperiode (W. J. ρ) übergeht. Während dieser überwiegt ganz wesentlich das durch Flüsse dem Meere gelöst zugeführte Material, welches zur Bildung mächtigerer Kalkausscheidungen Stoff und Anlaß gibt. Zu gleichen Überlegungen, wie sie hier aus unserem unteren Malm ausgesprochen sind, veranlassen mich auch die Verhältnisse im oberen Muschelkalk, in den „Ceratitenschichten“ Norddeutschlands, mit dem auffallend regelmäßigen und vielfältigen Wechsel von Ton- und Kalkbänken. Übrigens sind hierbei weiter noch die Verhältnisse des den terrigenen Detritus wie das gelöste Material liefernden Landes in Betracht zu ziehen, etwaige Änderungen und Verlagerungen von Flußläufen etc.

Note 4, Seite 8. Gleichartige und gleichalterige Faunen. In der viel erörterten Frage, ob gleichartig zusammengesetzte (homotaxe) Meeresfaunen getrennter Gebiete auch gleichalterig (synchron) sind, herrscht auf Grund der Erfahrungen an fossilen Faunenfolgen und der Beobachtungen über das Wandern jetziger Meerestiere (z. B. aus dem roten Meer in das Mittelmeer — das schnelle Wandern der *Littorina litorea* im Nordatlantic) die Überzeugung vor: homotaxe Faunen der Vorzeit sind auch synchron. Das gilt natürlich nur cum grano salis; denn über weitere Gebiete verbreitete Arten und Faunen brauchen zum Vollzug ihrer Wanderungen doch eben Zeit. Andererseits kann die Verbreitungsdauer der gleichen Art an verschiedenen Orten eine verschieden lange sein. Aber die so notwendig zu folgernden Zeitdifferenzen spielen z. B. nach der Geschwindigkeit von Meeresströmungen und sonst zur Wanderung benutzten Verhältnissen im allgemeinen keine die Gleichalterigkeit weit verbreiteter, gleichartiger Faunen wesentlich in Frage stellende Rolle. Immerhin gibt es eine Anzahl von Fällen auffallender Heterochronismen. J. P. SMITH² hat mehrere solcher Fälle, die sich auf heterochrones Auftreten von gleichen Arten oder Typen in verschiedenen Gebieten beziehen, zusammengestellt. Auch der Jura bietet einige Einschränkungen der Regel. E. W. BENECKE (Die Versteinerungen der Eisenerzformation von Deutsch-

¹ Sowohl ROTHPLETZ's wie die oben gegebene Zeitschätzung ist um sehr vieles geringer, wie die aus PHILIPPI's Untersuchung von Tiefseeproben und aus DE GEER's Untersuchung diluvialer Sedimente Schwedens abzuleitenden Zahlen.

² J. P. SMITH, Geologic Study of Migration of Marine Invertebrates. Journ. of Geol. 1895. Bd. 3. S. 493 und Principles of Paleontologic Correlation. Journ. of Geol. 1900. Bd. 8. S. 692.

Lothringen und Luxemburg. Abh. z. geol. Sp.-Karte v. Els.-Lothr. N. F. 6, S. 503 ff.) hat solche Heterochronismen aus dem Jura besonders beleuchtet. Am bekanntesten ist das Verhalten der sogenannten Lep ta e n a-Fauna, mit dem ganz unvermittelten Auftreten isolierter Brachiopodentypen paläozoischen Gepräges im Lias (C a d o m e l l a). In Schwaben liegt diese Fauna an der Grenze der Margaritatus- zur Spinatuszone im oberen Mittellias (δ); in der Normandie (und merkwürdigerweise auch in Sizilien?) erscheint sie erst später, an der Grenze der Spinatuszone gegen die oberliassische Zone der Posidonomya Bronni. Aber auch einzelne hervorstechende Arten und Typen können in unserem Jura zu anderen Zeiten auftreten als in benachbarten Gebieten. Amaltheus margaritatus tritt hier und sonst in Deutschland später (zuerst in den obersten Lagen des QUENSTEDT'schen Lias γ) auf, als z. B. im Rhonebecken (dort in tieferem Lias γ). Die „Bullaten“ — Gruppe des Sphaeroceras bullatum — erscheinen im Nordwestdeutschen Jura in der Aspidoides-Zone, in Schwaben erst in der Macrocephalen-Zone. Macrocephalites tritt in England früher auf als bei uns. Als auffallendster Heterochronismus aus dem Jura ist das von HARBORT (Festschrift für A. v. KOENEN, S. 514) erwähnte Zusammenkommen der rhätischen Avicula contorta mit der nicht einmal tiefstunterliassischen Schlotheimia angulata bei Bentheim zu verzeichnen — falls da kein Irrtum vorliegt (Aufbereitung von Rhät bei der Transgression des Lias?). — Die genannten und manche gleiche Fälle werden als Ausnahmen von der Regel angesehen und haben wohl auch im allgemeinen so zu gelten.

Note 5, Seite 9. Formationen. Der Ausdruck „Formation“ wurde bereits im 18. Jahrhundert geprägt. G. CHR. FÜCHSEL wandte ihn auf Gesteinsgruppen im Harzgebiet und in Thüringen an; er unterschied als Formationen das „Grundgebürge, Steinkohlengebürge, das mehlbatzige Kalchgebürge“ (= Zechsteindolomit), das „Sandgebürge“ (Buntsandstein), „Muschelkalch“ und andere. FÜCHSEL entwickelte auch bereits den Gedanken, daß eine Formation einen bestimmten Zeitabschnitt der Erdgeschichte bedeuten möchte, doch in praxi blieb der Begriff Formation noch lange — über WERNER hinaus — lediglich auf Gesteinsgruppen angewendet. Die Deutung der geologischen Formation als eines Erdzeitalters wurde erst eigentlich von AL. BRONGNIART (und G. CUVIER) 1808 durch Studien im Pariser Becken begründet. BUCKLAND, CONYBEARE u. a. übertrugen dann diese Erkenntnis (und weiter die vertieften, aber fast unbekannt geliebene Erfahrungen ihres Landsmannes W. SMITH) auf die geologischen Verhältnisse Englands.

Die Abgrenzung der geologischen Formationen als größere geologische Zeitabschnitte wurde ursprünglich auf westeuropäische geologische Verhältnisse begründet: auf auffallende petrographische

Differenzen lokaler Vorkommnisse, auf schärfer ausgesprochene Diskordanzen, auf Re- und Transgressionen. Die so gewonnenen Begrenzungen der Formationen — später durch die Verteilung der Fossilien in den Schichtreihen eingehender bestimmt — wurden in \pm stillschweigender Übereinkunft auch für weiter entfernte Gebiete, auch für andere Erdteile übernommen.

Die Frage, wie weit geologische Ereignisse oder Folgen von Ereignissen zur Abgrenzung der Formationen, zur Scheidung großer Abschnitte in der Entfaltung des Lebens der Vorzeiten natürliche Hilfsmittel bieten, ist seit den Tagen CUVIER's und ÉLIE DE BEAUMONT's bis heute noch im Fluß. In jüngster Zeit sind die amerikanischen Geologen ULRICH und SCHUCHERT bestrebt, dem Einfluß geologischer Vorgänge auf die Abgrenzung von Formationen wieder mehr Anerkennung zu verschaffen.

Note 6, Seite 9. WILLIAM SMITH, der „Vater der englischen Geologie“ und der eigentliche Vater der historischen Geologie (1769—1839) hatte zahlreiche geologische Beobachtungen in verschiedenen Grafschaften Englands gemacht. 1795 gelangte er beim Bau des Somersetshire Coal-Kanals, an dem er arbeitete, zu der Erkenntnis, daß die (von ihm beobachteten Jura-)Schichten („strata“) nacheinander Meeresböden gewesen sind, daß jedes „stratum“ die versteinerten Reste jener Organismen enthält, welche zur Zeit seiner Ablagerung lebten, daß jeder Schicht besondere Versteinerungen zukommen, nach welchen die betreffende Schicht an verschiedenen Orten auch unter abweichenden Lagerungsverhältnissen wiedererkannt werden kann. 1799 diktierte er eine, nur handschriftlich verbreitete Schichtentabelle „Order of the Strata and their imbedded Organic Remains in the vicinity of Bath“. Erst 1816—19 veröffentlichte er seine Beobachtungen in dem unvollendet gebliebenen Fundamentalwerke der historischen Geologie „Strata identified by organized fossils containing prints of the most characteristic specimens in each stratum“, in welchem er die Charakterfossilien einer Anzahl der von ihm unterschiedenen Stufen abbildet. Kurz vorher (1815) hatte er eine geologische Karte von England und Wales herausgegeben — für lange das Muster geologischer Karten —, in welcher er die Verbreitung seiner geologischen Schichten darstellt und in deren Erläuterungen er Schichten- und Stufenamen einführt, die z. T. noch heute gebräuchlich sind: Lias, Cornbrash, Forestmarble, Portland rock etc.

Note 7, Seite 12. OPPEL'S JURAZONEN. Anwendung der „Zonen“ in der historischen Geologie. Für den Begriff „Zone“ hat OPPEL keine bestimmte Definition gegeben: der Ausdruck findet sich übrigens nur in den Tabellen und Schlußkapiteln des OPPEL'schen Hauptwerks (Die Juraformation Englands, Frankreichs und des südwestlichen Deutschlands 1856—58), im Text schreibt O. „Schichten des“ oder „Bett des“. Im Lias, zum großen Teil im Dogger und in manchem auch im

Malm decken sich OPPEL's Zonen teils mit den von QUENSTEDT in Schwaben unterschiedenen Abteilungen des Jura, mit „ α , β , γ “ etc., teils mit den in diesen Stufen unterschiedenen „Schichten“, „Bänken“, „Kalken“ usw., sie sind z. T. nur Übersetzungen derselben.

OPPEL teilte den Jura in 33 Zonen, zu welchen noch das „Purbeck“ als vorläufig stratigraphisch nicht bestimmter fixierbar kam. Die Zonen wurden wesentlich nach dem Vorgange von A. D'ORBIGNY zu „Etagen“ („Gruppen“) zusammengefaßt und diese zu 3 „Hauptabteilungen“ („Formationsgruppen“). Im unteren Jura, dem Lias, unterschied er die Semur-Gruppe ($\alpha + \beta$) mit 7, die Pliensbach-Gruppe ($\gamma + \delta$) mit 5, die Thouars-Gruppe ($\epsilon + \zeta$) mit 2 Zonen. Der mittlere oder braune Jura, der „Dogger“ wurde in 3 Etagen geschieden: Unteroolith oder Bayeux-Gruppe mit 5 Zonen (QUENSTEDT's Br. Jura $\alpha + \beta + \gamma + \delta + \epsilon$ e. p.), Bath-Gruppe mit 2 (Br. Jura ϵ e. p.), Kelloway-Gruppe mit 3 Zonen (Br. Jura ϵ e. p. + ζ). Den oberen, Weißen Jura = „Malm“ zerlegte OPPEL in die Oxfordetage (ursprünglich = QUENSTEDT's W. Jura $\alpha + \beta + \gamma + \delta$ e. p. erachtet), die isolierte Zone des Dicerias arietinum, die Kimmeridge-Etage (= W. Jura δ , ϵ , ζ). In der Abgrenzung der Hauptabteilungen hielt OPPEL sich zunächst an das von LEOPOLD v. BUCH und QUENSTEDT gegebene Bild, später hat er (im Schlußkapitel der Juraformation) nach englisch-französischen Mustern die Kelloway-Gruppe in den Malm hineinbezogen. In späteren Werken hat OPPEL im Dogger, besonders im Malm, noch weitere Zonen unterschieden: die Sowerbyi-Zone; die Zonen des Amm. transversarius, der Ter. impressa, des Amm. bimammatum und Hauffianus, des Amm. tenuilobatus, des Amm. steraspis. Ferner fügte er nach vertieften Studien im alpinen Jura die „Tithon-Etage“ als jüngste des Malm hinzu.

Wenig zufriedenstellend ist die Gliederung im Malm ausgefallen — und zwar bei OPPEL ebenso wie bei QUENSTEDT. Im Malm haben vielfältige Faziesdifferenzierungen in horizontalem Sinne — besonders in den obersten Stufen —, dann weniger scharfe Gesteins- und Faunenunterschiede in vertikaler Richtung — in den unteren und mittleren Stufen — die Gliederungsversuche wesentlich erschwert. Auch die neueren Arbeiten über den Malm Schwabens z. B. von HAIZMANN (mittlerer W. Jura) und SCHMIERER (oberer W. Jura) haben zu keinen vollkommen befriedigenden Resultaten geführt. In jüngst erschienenen Arbeiten über den Malm Westeuropas hat SALFELD¹ nicht weniger als 22 auf die Verteilung von Ammoniten gegründete Zonen unterschieden, von

¹ H. SALFELD: Die Gliederung d. ob. Jura in Nordwesteuropa auf Grund v. Ammoniten N. Jahrb. f. Min. etc. 1913. Beil.-Bd. 37. S. 125 ff; — Die zoogeographische Stellung d. süddeutschen Jura. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1913. Bd. 65. Monatsber. S. 441 ff.

denen die 12 resp. 13 unteren den Faunenfolgen des schwäbisch-süddeutschen Malm entsprechen.

Seit OPPEL ist vielfach an dem weiteren Ausbau — und hin und wieder auch an der Kritik — der Zonengliederung des Jura gearbeitet worden.

Eine Anzahl besonderer Zonen wurden ausgeschieden, die Centaurus-, Aalensis-, Renggeri-, Cordatus-, Pseudomutabilis-, Acanthicus-Zone u. a. m. Die Begrenzungen wurden umgedeutet, OPPEL'sche Zonen mehrfach zerlegt. Das entspricht teilweise vertiefterem Ausbau der Zonengliederung, andererseits ergibt es, daß die Fassung der „Zone“ in verschiedenen Gebieten und bei verschiedenen Autoren nicht gleichbleibend ist.

Im oberen Lias Schwabens, in OPPEL's Zone der Posidonomya Bronni (Lias ϵ) gestatten oder nötigen die faunistischen Verhältnisse, 3 einander ablösende Faunen zu unterscheiden: eine tiefere mit Überresten der jüngeren Mittelliasfauna an Brachiopoden; eine mittlere, die eigentliche Fauna der Pos. Bronni = BENECKE's Fauna mit Harp. falciferum; eine obere — Grenzfauna gegen den Lias ζ — mit Hildoceras bifrons und Coeloc. crassum¹. In Norddeutschland konnte W. ERNST nach seinen noch nicht veröffentlichten Untersuchungen über den oberen Lias am Harzrande² in den dortigen Äquivalenten der Bronni-Zone nicht weniger als 6, durch Ammoniten charakterisierte „Zonen“ unterscheiden: des 1. Harp. Schröderi und Lyt. Siemensi, 2. Harp. capillatum, 3. Harp. elegans, 4. Harp. boreale, 5. Harp. capellinum, 6. Hild. bifrons.

Im jüngsten Oberlias (Jurensis-Zone, ζ) gestatten die faunistischen Verhältnisse in Schwaben, Lothringen, Nordwestdeutschland die Gegenüberstellung der in folgender Tabelle (S. 34) gegebenen „Zonen“.

Es liegt auf der Hand, daß die Fauna mit Harp. striatum bei BENECKE³ etwas anderes ausdrückt als bei ERNST; in beiden Fällen zwar je die Existenzdauer des Harp. striatum, aber diese ist (falls in beiden Fällen die Art gleich gefaßt ist) in beiden Fällen nach geographischen Gebieten sehr verschieden und damit auch der faunistisch-stratigraphische Umfang der nach diesem Ammoniten benannten Zone. Ebenso bedeuten ERNST's „Zonen“ des Lias ϵ je ganz anderen Zeitumfang als BENECKE's Faunen im Lias ϵ Lothringens und natürlich nur Zeiteile der OPPEL'schen Bronni-Zone.

¹ Nicht immer ist diese Grenzfauna streng von derjenigen der Jurensis-Zone zu trennen, so z. B. nicht bei Regensburg.

² Vergl. TH. BRANDES: Die faziellen Verhältnisse des Lias . . . N. Jahrb. f. Min. etc. 1912. Beil.-Bd. 33. Tab. neben S. 355.

³ Vergl. die wichtigen Ausführungen über die Zonengliederung bei E. W. BENECKE: Die Verst. d. Eisenerzformation von D.-Lothr. u. Luxembg. Abh. z. geol. Spezialk. v. Els.-Lothr. N. F. 6. 1905.

	Schwaben nach OPPEL, ENGEL	Lothringen nach E. W. BENECKE	Nordwest- deutschland nach W. ERNST
Zone d. <i>Lyt. jurensis</i> (Lias ε)	Z. d. <i>Harp. Aalense</i>	Sch. m. <i>Dum. Levesquei</i> (Unterer Dogger?)	Z. d. <i>Harp. Aalense</i> ,, ,, <i>Dum. radiosa</i> ,, ,, <i>Harp. dispansum</i>
	Z. d. <i>Lyt. jurensis</i> u. <i>Hammat. insigne</i>	Sch. m. <i>Harp. fallaciosum</i>	,, ,, ,, <i>fallaciosum</i>
	Z. d. <i>Harp. radians</i> u. d. <i>Haugia variabilis</i>	Sch. m. <i>Harp. striatulum</i>	Z. d. <i>Harp. striatulum</i> ,, ,, <i>Haugia illustris</i> ,, ,, <i>Harp. Doerntense</i> ,, ,, <i>Lillia robusta</i> und <i>Lyt. sublineatum</i>

Zone d. *Posidonomya Bronni* (Lias ε); *Crassum-Bifrons*-Schicht.

Sehr vielfach wird der Ausdruck „Zone“ bei der faunistisch-stratigraphischen Kleingliederung und damit bei der Zeitteilung auch anderer Formationen verwendet. Hier in der Umgrenzung der „Zonen“ große Verschiedenheit herrschend.

Wenn CH. D. WALCOTT z. B. das ganze Undercambrium als „*Olenellus*-Zone“ bezeichnete, so war „Zone“ hier dem umfassenderen Begriff einer „Etagé“ oder noch richtiger einer „Hauptabteilung“ OPPEL's gleich, etwa dem Lias. Wenn TULLBERG im mittleren Cambrium Schwedens die gemeinhin übliche Unterscheidung von 6 Trilobitenzonen in 12 überführt, so ist es klar, daß Zone und Zone nicht das gleiche ist. Die sehr zahlreichen Zonen der Graptolithenschiefer-Fazies im Silur decken sich ihrem Umfange nach im einzelnen nicht mit den auf Trilobiten, Brachiopoden, Echinodermen etc. begründeten Zonen des gleichen Zeitalters; im Devon Deutschlands sind die Brachiopoden zonen nicht umfanglich gleich den Goniatiten zonen etc.

Es ist natürlich, daß die stratigraphisch-faunistischen Gliederungen der geologischen Formationen und Stufen ausgehen mußten und müssen von lokalen Verhältnissen. Ebenso natürlich ist es, daß die in verschiedenen Gebieten gewonnenen Resultate differieren können und auch müssen, denn: Wir kennen aus keiner Zeit die Existenz einer Fauna, welche alle Meere¹ gleichartig, ohne lokale Differenzierungen, bevölkerte und überall in allen ihren Komponenten in gleichen Schritten abänderte. Neben „kurzlebigen“ Graptolithen-, Trilobiten-, Ammonoideen-, Brachio-

¹ Erdgeschichte ist ja vorwiegend Geschichte der Meere (und ihres Lebens).

podenarten kennen wir genugsam „langlebige“ Arten von Trilobiten, Brachiopoden, Muscheln etc.: ich erinnere nur an *Calymene tuberculata*, *Encrinurus punctatus*, *Leptaena rhomboidalis*, *Atrypa reticularis*, *Productus semireticulatus*, *Oxytoma inaequivalve*, *Cucullaea texta* u. v. a. m., welche über mehrere „Zonen“ verbreitet sind. Wir wissen, daß die Formprägung bei verschiedenen Tierstämmen und -gruppen sich in sehr verschieden schnellen Schritten vollzieht. Da in verschiedenen geologischen Zeitaltern ganz verschiedene Tierstämme als Lieferanten der Zonenfossilien herangezogen werden mußten, wird es weiter selbstverständlich, daß „Zone“ und „Zone“ von sehr verschiedenem zeitlichem Werte sein kann und muß.

Wir benötigen für eine vernünftige Verständigung über die Zeiten und Aufeinanderfolgen geologischer Geschehnisse einer Chronologie. Die Natur hat uns dazu nichts besseres gegeben als die Reste des Lebens in den Schichtfolgen der Erdrinde. Unsere geologischen Zeitalter und Zeitabschnitte sind der Ausdruck von Umprägungen der Lebewelten. Das theoretisch zu fordernde Ideal für die Feststellung einer — nach der Umbildung des Lebens kleinsten — Zeiteinheit wäre wohl die Messung der Zeit an der Lebensdauer einer Art oder einer „Mutation“ im Sinne WAAGEN's und NEUMAYR's¹ (d. i. eines natürlichen Fortbildungsproduktes aus einer einmal gegebenen und für eine Zeitspanne „beständig“ gewesenen „Art“ zu einer neuen „Art“ der nächsten Zeitspanne). Die wahre (d. h. natürlich nur die relative) Lebensdauer einer Art zu beurteilen, sind wir wohl nur in recht seltenen Fällen imstande. Was wir bestimmen können, ist in den wohl meisten Fällen doch nur die Existenzzeit von Arten in diesem oder jenem Gebiete oder auch aus einer Anzahl von Gebieten. Beobachtete Existenzzeit kann gleich der Lebensdauer einer Art sein, ist es aber wohl nur in wenigen Fällen (vergl. die sehr geringe Anzahl geschlossener Formenreihen, welche bekannt sind, und die oben erwähnten Heterochronismen).

Die Lebensdauer von Arten zur Feststellung geologischer Zeitmaße zu benutzen, wäre eigentlich nur dort möglich, wo bruchlos in genetischer Folge Art auf Art, Mutation auf Mutation erscheint. Das ist denkbar in Gebieten mit durch längere Zeiten hindurch \pm gleichbleibenden oder stetig abändernden Faziesbedingungen, = physikalischen und chemischen Verhältnissen. Das wäre möglich z. B. in den Regionen der silurischen Graptolithenschiefer, des rheinischen Unterdevon, der roten alpin-mediterranen Ammonitenkalke, welche (wenigstens lokal) im Keuper, im Lias und im Malm dem Umfang mehrerer „Zonen“ entsprechen; ebenso auch in Gebieten, welche längere Zeit hindurch \pm gleichmäßig geographisch und tiergeographisch isoliert blieben, wie

¹ NEUMAYR faßte die Zone auch so auf.

etwa im Gebiete der slawonischen Paludinschichten oder auch des germanischen Muschelkalks. In solchen Gebieten wird die Summe der artumpprägenden Faktoren¹ längere Zeit hindurch in \pm gleichartigen Schritten wirken können. Schnelle Beeinflussung einer einmal gegebenen Fauna durch plötzliche Änderung der physikalischen Verhältnisse des Lebensraumes, dann durch \pm plötzlichen Zutritt ortsfremder Formen oder ganzer Faunen, hiedurch hervorgerufene plötzliche Änderung des bisherigen Gleichgewichts der Lebensumstände, damit Gefährdung des bisherigen Faunenbestandes wird hier hintangehalten sein. Aber so geartete Gebiete sind nur in geringer Zahl über längere Zeiten unserer Beurteilung zugänglich.

In praxi hat man sich in den weitaus allermeisten Fällen mit dem Begriff einer OPPEL'schen Zone zu behelfen, welcher auf der \pm lokalen Existenzdauer einer Art basiert, wobei diese Dauer an verschiedenen Orten naturgemäß eine verschiedene sein kann. Als Zonenfossilien sind dabei Arten solcher Gruppen zu bevorzugen, welchen neben schnellerem Abänderungsvermögen, schnellere aktive oder passive Verbreitung — in erwachsenem oder wohl vorwiegend im Larvenzustande — über größere Räume zukommt. Für den Jura bleiben das — soviel oder so wenig man auch sicheres über ihre Organisation und Lebensweise weiß — die Ammoniten².

S. S. BUCKMAN hat in mehreren kleinen Aufsätzen den Begriff „Zone“ einer Diskussion unterworfen. Er will „Zone“ lediglich in tiergeographischem Sinne als das Verbreitungsgebiet einer Art oder Fauna in horizontaler Richtung gebraucht wissen. Eine geologische Zone bedeutet ihm sowohl eine „Biozone“, d. i. die Verbreitung einer Art oder einer Gruppe von Organismen in geologischen Ablagerungen in vertikaler Ausdehnung, d. h. der Zeit nach, resp. eine „Faunizone“, d. i. ein Schichtenverband, welcher durch eine besondere Vergesellschaftung von Organismenresten bestimmt ist. Den Bedürfnissen der historischen Geologie nach engsten Zeitabschnitten glaubt BUCKMAN durch Aufstellung sogen. „Hemeren“ gerecht zu werden. Den Ammonitenfolgen des englischen Jura entnahm er diesen Begriff. „Hemera“ soll im Gegensatz zu dem tiergeo-

¹ Das sind: Beeinflussung der Existenzbedürfnisse der Arten durch die Umwelt organischer und anorganischer Natur, z. B. das Zahlenverhältnis der Individuen sowie die Geschwindigkeit und Größe der Produktion von Nachkommen der in gleichem Raum lebenden Arten, die Einwirkungen geologischer, d. i. physikalischer und chemischer Vorgänge in dem Wohngebiete einer Fauna selbst und in den dieses beeinflussenden Gebieten der geographischen Umgebung.

² E. W. BENECKE hat eine ausgezeichnete, kritische Zusammenstellung des Materials zur Diskussion der „Lebensweise der Ammoniten“ gegeben (Verst. d. Eisenerzformation . . . 1905. S. 544--562).

graphischen Begriff Zone nach BUCKMAN einen reinen Zeitbegriff darstellen. Er definiert die „Hemera“ einmal als die „Akme der Entwicklung einer oder mehrerer Arten“, als die Zeit der „dominierenden Existenz“ einer Art, dann aber auch als die Zeit vom „Einsetzen (rise) einer beherrschenden (dominant) Art bis zum Einsetzen der nächsten“.

Offensichtlich sagen diese Definitionen nicht das gleiche. Akme der Entwicklung einer Art und Zeit vom Einsetzen einer Art bis zum Einsetzen einer anderen — also Lebensdauer — ist zweifellos verschiedenes. Auf die „Akme“, auf die Zeit der „dominierenden Existenz“ wird des öfteren größeres Gewicht zu legen sein als auf die Lebensdauer einer Art („from species rise to species rise“), z. B.: in der „Hemera striati“ des Mittellias kommt das Indexfossil der „Hemera margaritati“ bereits vor und dieses — der *Amaltheus margaritatus* — wird des öfteren noch zusammen mit dem „distinctif fossil“ der „Hemera spinati“ gefunden. Dabei kommt hier etwaige Aufbereitung von Schichtteilen als Ursache des Zusammenlagerns der Arten durchaus nicht in Betracht.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen dem zeitlich gefaßten Begriff einer OPPEL'schen Zone, oder einer Bio- und Faunizone, oder einer Hemere existiert nicht. Auch die OPPEL'sche „Zone“ ist ein — durch [Gesteine und] Art- oder Faunendauer ausgedrückter — Zeitbegriff. Und BUCKMAN's Hemeren sind eben doch trotz seiner Einwendungen zunächst nur auf lokale Verhältnisse begründete Teilzonen, welche \pm die Existenzdauer einer Art vor allem im englischen Jura angeben. Weitere vergleichende Untersuchung wird erst ergeben müssen, ob über weitere Gebiete BUCKMAN's Hemerenschema verfolgt werden kann, d. h. ob auch in anderen Gebieten durchweg sich so viele engste Zeitabschnitte — BUCKMAN unterscheidet vom Liasbeginn bis inkl. des Bathonien (mittl. Br. Jura ϵ) 45 (47) Hemeren — markant wieder erkennen lassen. Natürlich muß in allen Teilen der Erde der „Tag“ eines x-beliebigen Ammoniten gewesen sein, ganz so wie es BUCKMAN an der Zeit EDWARD's VII. exemplifiziert. Aber es ist nur fraglich, ob dieser Ammonit überall die zeitbestimmende Rolle spielte, ebenso wie es fraglich ist, ob je die Historiker Deutschlands oder Österreichs in der Geschichte ihrer Länder eine Zeit EDWARD's VII. unterscheiden werden; und weiter wäre es noch für jeden einzelnen Fall festzustellen, ob jener x-beliebige Ammonit wirklich allerorts während des gleichen Zeitteiles lebte.

E. W. BENECKE (l. c. S. 531) will nach seiner eingehenden Diskussion der Zonengliederung des Jura die „Zone“ so aufgefaßt wissen, daß sie „lediglich die geographische Verbreitung und die Dauer des Auftretens einer Form“ bedeutet. Ich würde das letztere, das Zeitmoment voranstellen resp. allein betonen und — analog wie BUCKMAN — sagen, man kann auch dort von der „Zone“ = Zeit z. B. eines Ammoniten sprechen, wo dieser nicht gefunden

wird. Sagt man in vielen Fällen „hier fehlt die und die Zone“, so heißt das: aus dieser Zeit sind an der betreffenden Stelle keine entsprechenden Faunen- und Gesteinsreste erhalten; hier spielten sich während dieses Zeitabschnittes geologische Geschehnisse ab, von welchen uns keine im Gestein direkt ablesbaren Berichte erhalten sind.

Note 8, Seite 12. OPPEL's Stellung zur Bedeutung der Fazies. OPPEL schätzte wohl den Einfluß der Fazies auf die Differenzierung gleichalteriger Faunen; vergl. Juraformation S. 3: „Erschwerend wirkt der Wechsel der Faunen. Eine Korallformation mit einer Tonbildung gleichen Alters mit Sicherheit in Übereinstimmung zu bringen, wäre oft beinahe unmöglich“; vergl. weiter S. 690 und 814. Es geht aber aus der ganzen Behandlung der Zonengliederung des Jura bei OPPEL hervor, daß er wechselnder Fazies für die Differenzierung aufeinanderfolgender Faunen keinen ausschlaggebenden Einfluß beimaß. Er betonte (Juraformation S. 824) die „stätige Entwicklung“ im Jura, welche nur lokal durch größere und plötzliche Veränderungen unterbrochen würde. — Erst in seiner posthumen Arbeit „Über die Zone des *Amm. transversarius*“ (herausgeg. v. W. WAAGEN 1866) finden sich deutlichere Angaben darüber, daß differenter Fazies auch bei nacheinander folgenden Zonen Einfluß auf die Fauna eingeräumt wird.

Note 9, Seite 13. CUVIER's Kataklysmenlehre. GEORGE CUVIER (1769—1832), dessen Namen wir voll Ehrfurcht als den des Begründers der wissenschaftlichen Paläontologie nennen, stand ganz auf dem Boden der Anschauung von der Unveränderlichkeit der Arten, so wie LINNÉ sie dachte: „tot sunt species diversae, quot creavit ab initio infinitum ens“. CUVIER's geologische Beobachtungen im Pariser Becken, an den dort aufeinander zusammenhanglos folgenden Faunen des Tertiär, dünkten ihm Beweis. Sie führten ihn zur Annahme wiederholter, plötzlicher Erdrevolutionen, Kataklysmen, durch welche wiederholt das Leben auf der Erde ausgelöscht wurde. Er vermeidet es, für die Entstehung der aufeinander folgenden, nach ihm einander fremden Faunen der Vorzeiten immer neue Schöpfungen anzunehmen. In seinem berühmten „Discours sur les révolutions de la surface du globe terrestre“ (1812, 1821) spricht er sogar einmal gegen die Annahme von Neuschöpfungen und meint, daß z. B. bei der letzten der lebenvernichtenden Katastrophen irgendwo ein Rest besonders von Landtieren erhalten geblieben sein könne, der wandernd, sich ausbreitend, die nach der Katastrophe neu gewordenen Länder bevölkerte. — Die notwendige Konsequenz solchen Denkens wäre doch eigentlich: Die heute lebenden Organismen führen ihren Stammbaum ohne Veränderung der Formen auf die erste Schöpfung oder Entstehung von Leben zurück; neben dieser persistierenden sind andere große Lebensgemeinschaften

immer wieder durch weltweit wirkende Katastrophen vernichtet worden.

Wohl, wir kennen in höchstem Maße konservative Formen, welche durch Äonen ungeändert scheinen. Aber neben diesen ist das Leben einer unendlichen Menge von Umprägungen unterworfen gewesen, welche sich in sehr verschiedenen schnellen Schritten vollzogen. Und weiter ist daneben oft genug das Aussterben von Arten, Gruppen, Ordnungen zu registrieren, das Auslöschten zahlreicher lokaler Lebensgemeinschaften —, aber nirgendwo Anzeichen für weltweit wirkende Katastrophen, welche plötzlich das Leben der Erde auch nur großenteils zerstört hätten.

Die Beweisführungen CUVIER's muten gezwungen an, ihnen fehlt die überzeugende Kraft. Es ist, als klammere sich der große Forscher an Gedanken, deren Schwächen ihm selbst allzu fühlbar waren.

Was CUVIER selbst nicht aussprach, taten die unter seinem Bann stehenden. ALC. D'ORBIGNY, LOUIS AGASSIZ zogen aus CUVIER's Katastrophenlehre die Konsequenz der immer erneuten Schöpfungen des Lebens nach alles vernichtenden Katastrophen. Der erstere unterschied 27 solcher Neuschöpfungen und Kataklysmen, auf welche er die 28 „Etagen“ seines geologischen Formationen-Systems begründete.

Längst ist CUVIER's Katastrophenlehre aufgegeben, durch die Lehre von der Entwicklung ersetzt. Doch die Geologie kann der Katastrophen nicht vollkommen entraten. Nicht allorts vollzog sich das „Werden“ immer in unmerklich kleinsten Schritten. Lokal setzen physikalische Änderungen des öfteren so ein, daß ihre Einwirkungen auf das Leben beschränkterer Gebiete durchaus das Bild katastrophaler Änderungen zeichnen (vergl. Note 16, S. 56). Aber das sind örtlich beschränkte, nicht allgemein verbreitete Umwälzungen.

Note 10, Seite 13. Einzug des Deszendenzgedankens in die Paläontologie und historische Geologie. Wenn sich auch in älteren Werken, z. B. von BRONN und QUENSTEDT, eine Reihe von Bemerkungen findet, aus welchen der Gedanke der Verfasser an eine natürliche Verknüpfung der Arten durch Abstammung hervorleuchtet, so wurde doch diesem Gedanken nicht weiter nachgegangen. OPPEL stand der Deszendenzlehre fern. Das geht aus seinen Werken, aus der Begrenzung der Arten hervor. Sein Ausspruch von der „Stätigkeit der Entwicklung“ (Juraformation S. 824) bezieht sich nicht auf natürliche Entwicklung der Arten auseinander. Erst spät (Transversarius-Zone — 1866 — S. 226 [22]) spricht er in einer Anmerkung über die Gruppe der Megerlea loricata die Erwägung aus, ob „Zwischenformen auf allmählicher Veränderung der Arten während ihrer horizontalen und vertikalen Wanderungen“ beruhen.

Konsequent ist der Deszendenzgedanke wohl zuerst von HILGENDORF — 1866 — bei Untersuchung des Steinheimer Schnecken-

typus *Planorbis multiformis* für die Diskussion paläontologischen Materials verwendet worden. Durch die meisterhaften Untersuchungen von W. KOWALEVSKY über fossile Huftiere fanden deszendenztheoretische und transformistische Anschauungen 1874 ihren Eingang in das Studium der Wirbeltiere der Vorzeit.

In die Behandlung der Jurafaunen fand die Deszendenzlehre erstmals durch ZITTEL Eingang (1868 Cephalopoden der Stramberger Schichten, 1869 Bemerkungen über *Phylloceras taticum*, 1873 Gastropoden der Stramberger Schichten) und durch W. WAAGEN (1869 Formenreihe des *Amm. subradiatus*) — also erst um etwa ein Jahrzehnt nach dem Erscheinen von Ch. DARWIN'S „On the origin of the Species by means of Natural Selection“.

Es ist das große Verdienst M. NEUMAYR'S, in folgestrengster Weise deszendenztheoretische Erfahrungen an den Jurafaunen und umgekehrt diese an den Erfordernissen der Deszendenzlehre geprüft zu haben. Die wichtigsten Werke NEUMAYR'S über den Jura und über Jurafaunen, welche auch heute noch durch ihre Fülle anregender und tiefgründiger Gedanken, durch ihren Reichtum an Geist ihre Stelle in der vordersten Reihe behaupten, sind:

1. Jurastudien. I. Die Klippe von Czetechowitz in Mähren, 1870. II. Über Tithonarten im fränkischen Jura, 1870. III. Die Phylloceraten des Dogger und Malm, 1871. IV. Die Vertretung der Oxfordgruppe im östlichen Teil der mediterranen Provinz 1871. (Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanst. Wien, Bd. 20, 21.)
2. Die Cephalopodenfauna der Oolithe von Balin bei Krakau, 1871. (Abhandl. d. k. k. geolog. Reichsanst. Wien, Bd. 5.)
3. Die Fauna der Schichten mit *Aspidoceras acanthicum*, 1873. (Abhandl. d. k. k. geolog. Reichsanst. Wien, Bd. 3.)
4. Die Ornatentone von Tschulkowo und die Stellung des Russischen Jura, 1876. (BENECKE'S Geognostisch-paläontologische Beiträge, Bd. 2.)
5. Über unvermittelt auftretende Cephalopodentypen im Jura Mittel-Europas, 1878. (Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanst. Wien, Bd. 28.)
6. Zur Kenntnis der Fauna des untersten Lias in den Nordalpen, 1879. (Abhandl. d. k. k. geolog. Reichsanst. Wien, Bd. 7.)
7. Über klimatische Zonen während der Jura und Kreidezeit, 1883. (Denkschr. d. Wiener Akad. d. Wiss. II. Kl., Bd. 47.)
8. Die geographische Verbreitung der Juraformation, 1885. (Denkschr. d. Wiener Akad. d. Wiss. II. Kl., Bd. 50.)
9. Über die Beziehungen zwischen der russischen und der westeuropäischen Juraformation. (N. Jahrb. f. Min. etc. 1887. Bd. I.)
10. (Posthum, vollendet von V. UHLIG): Über die von H. ABICH im Kaukasus gesammelten Jurafossilien, 1892. (Denkschr. d. Wiener Akad. d. Wiss. II. Kl., Bd. 59.)

Note 11, Seite 13. Sedimentation und „Zonen“ im mitteleuropäischen und im alpin-mediterranen Jura. NEUMAYR hob (1878) hervor, daß im Jura Mitteleuropas die Unterscheidungsmöglichkeit von Zonen nicht etwa durch Unterbrechungen in den Sedimentfolgen gegeben sei, d. h. nicht etwa durch weitgehende Trockenlegungen der Gebiete und darauf folgende Meerestransgressionen. Es handle sich in der Schichtenreihe des mitteleuropäischen Jura vielmehr um durch die ganze Jurazeit währende Sedimentation in dauernd bestehenden Meeresräumen. Das letztere ist — jedoch nur mit einigen Einschränkungen — zutreffend. In den östlichen Randregionen des süddeutschen Jura gegen Böhmen und gegen das einstige vindelische Land sind die jurassischen Schichtreihen unvollständig, und dort haben im Lias und z. T. auch im Dogger Regressionen und Transgressionen des Meeres in nicht zu unterschätzendem Ausmaß einander abgelöst; gegen Ende der Murchisonae-Zone des Doggers haben sie sich auch bis Schwaben fühlbar gemacht. Auch im Jura Norddeutschlands sind — im Lias und Malm — Regressionen und Transgressionen z. B. am Harz, im Deister, an der Egge, im Teutoburger Wald nachgewiesen. Ähnliche Erscheinungen haben selbstverständlich in allen Randgebieten der Jurameere Platz gegriffen und sind mehrfach nachgewiesen. Für die zentralen Teile des süddeutschen Juragebietes bleibt die Kontinuität der Meeresbedeckung und mariner Sedimentfolgen zu Recht bestehen; trotzdem hier die vielfach scharfe Scheidung von „Zonen“ = Faunen.

In den Gebieten des alpin-mediterranen Jura ist sehr viel seltener eine ununterbrochene, umfangreichere jurassische Schichtenreihe zu beobachten. Das ist z. T. die Folge postjurassischer tektonischer Bewegungen, Verlagerungen von Schichtpaketen und damit z. T. verbundener Abtragungen. Aber auch dort, wo tektonische Bewegungen die Schichtfolgen nicht störten, sind im alpinen Jura Lücken in den Schichtreihen festgestellt, welche auf Regressionen des Meeres und \pm weitgehenden Emersionen des Meeresbodens mit z. T. folgenden Transgressionen beruhen, z. T. auch auf lokale Unterbrechung der Sedimentation durch Strömungen zurückgeführt werden könnten. Trotz solcher vielfachen lokalen Unterbrechungen muß aber im alpin-mediterranen Juragebiet — in toto — eine ununterbrochene Entwicklung der Faunenfolgen, speziell der die wichtigsten Zonenfossilien liefernden Ammoniten, stattgehabt haben.

Durch solche im wesentlichen ununterbrochene Faunenentwicklung wird in alpinen Gebieten die Begrenzung von „Zonen“ — vom Umfange jener Süddeutschlands — sehr häufig um vieles schwieriger als in Schwaben, des öfteren in scharfer Weise gar nicht möglich. Auf der anderen Seite ergäbe sich im alpinen Jura der — deszendenztheoretisch zu fordernde — Begriff einer Zone, wie NEUMAYR sie auffaßte, als entsprechend der *L e b e n s d a u e r*:

einer eine Fauna bestimmenden Art (oder „Mutation“ wie NEUMAYR im Anschluß an WAAGEN sagt) speziell von Ammoniten.

Note 12, Seite 14. Sporadisch auftretende Typen im Jura Mitteleuropas. Zur Veranschaulichung der diskontinuierlichen Entfaltung wenigstens einiger Ammonitengattungen im schwäbischen Jura gebe ich die nebenstehende Tabelle; es ist dazu zu bemerken, daß die hierin markierten zeitlichen Unterbrechungen des Verbreitungsbildes nicht etwa durch Vorkommnisse in anderen mitteleuropäischen Gebieten aufgehoben würden, sondern nur durch Vorkommnisse im alpin-mediterranen Jura. Für solche Gattungen wie *Phylloceras* und *Lytoceras* wird die Diskontinuität ihrer Verbreitung im Schwabenjura ganz besonders scharf ausgedrückt, wenn man das Auftreten der Angehörigen der verschiedenen genetischen Gruppen oder Formenreihen ins Auge faßt. Überraschend erscheint es übrigens, daß *Phylloceras* und *Lytoceras*, welche als besondere Charaktertypen des alpin-mediterranen Jura immer in einem Atemzuge genannt werden, in Süddeutschland keineswegs immer gleichzeitig auftreten, während sie in alpinen Juraablagerungen wenigstens sehr häufig eng vergesellschaftet vorkommen. Ihr verschiedenzeitliches Einwandern muß demnach von besonderen, vorläufig unbekanntem Bedingungen abhängig sein.

NEUMAYR wies neben *Phylloceras* und *Lytoceras* auch auf das „sporadische“ Auftreten der Gattung „*Amaltheus*“ hin. Das 1878 (S. 62) gegebene Verbreitungsbild dieser „Gattung“ ist längst nicht mehr aufrecht zu erhalten. Alle dort zu *Amaltheus* gestellten Arten vom oberliassischen *Amm. serrodens* an haben genetisch mit den nur unter- und mittelliassischen *Amaltheidae* gar nichts zu tun. Für die mit *Amm. Lamberti*, *cordatus*, *alternans* verwandten Typen — *Quenstedtoceras*, *Cardioceras* — erkannte NEUMAYR später selbst die genetischen Beziehungen zu den *Stephanoceratiden*; er nannte sie „*Arietid*“-Formen der *Stephanoceraten*. Für die „*Amaltheiden*“ des Oberlias und Dogger ist von HAUG, BUCKMAN und mir ihre Herkunft von ganz anderen Ammonitengattungen nachgewiesen worden.

Abgesehen von so ganz oder mehr isoliert auftretenden Ammonitengattungen im süddeutschen Jura wie *Tmaegoceras*, *Frechiella*, *Paroniceras*, *Strigoceras*, *Haploceras*, *Simoceras*, *Waa-genia* u. a. wird sich bei genauerer Durcharbeitung auch für andere Typen ein Bild „sporadischen“ Auftretens, diskontinuierlichen Vorkommens ergeben. Ich denke dabei besonders an den Stamm der *Stephanoceratiden* mit seiner auffallenden Unterbrechung im Lias δ — zum mittleren Lias ϵ , vom oberen Lias ζ bis zum Braunen Jura γ .

Es sei noch darauf hingewiesen, daß im mitteleuropäischen Jura keineswegs nur bei Cephalopodengeschlechtern die auffällige Erscheinung des „unvermittelten“ und „sporadischen“ Auftretens

zu beobachten ist. Ich erinnere, um nur auf einiges den Finger zu legen, an das Verhalten der Brachiopodengattungen *Lingula*, *Orbiculoidea*, *Crania*, *Thecidea*, *Cadomella*, *Koninckina*, *Spiriferina*, der Echinodermen, der Muscheln *Aucella*, *Gryphaea*, *Trigonia*, der Gattungen der Ganoidfische — z. B. *Lepidotus* und die Chondrosteiden — das Auftreten der Chimaeriden, der Ichthysaurier, Plesiosaurier. Noch eine Menge höchst auffälliger Erscheinungen ist da zu erklären und den Wegen zur Besiedelung der Jurameere nachzugehen.

Note 13, Seite 14. Die Rhättransgression. Aus der faziellen Ausbildung, Lagerung und Verbreitung mariner Rhätgesteine in Süd- wie Norddeutschland gewinne ich die Überzeugung, daß die Überflutung dieser Gebiete (bis Schonen und England hin) zur Rhätzeit nicht in der Bildung weitausgedehnter Meeresflächen gipfelte, daß sie sich vielmehr nur in der Form von \pm schmalen Rinnen mit einzelnen größeren und kleineren Ausbuchtungen abspielte. Neben und zwischen diesen blieb Keuperland z. T. älterer Gesteine bestehen, welches erst im Lias der weiter vordringenden Flut zum Opfer fiel.

Rein geologisch gedacht ließe sich nichts dagegen einwenden, mit den Gesteinen der Rhättransgression den Jura zu beginnen, wie das die französischen Geologen tun. Die Jurameere sind ja in der Tat nur die unmittelbare zeitliche Fortsetzung des Rhätmeeres. Faunistisch beginnt jedoch der Jura erst mit der untersten Liaszone des *Psil. planorbis* bei uns (resp. des *Psil. calliphylum* in den Alpen). Soweit man sich auch sonst über Formationsgrenzen durch Konvention einigen mag, wird das faunistische Moment an die Spitze gestellt, so fällt die Grenze Trias/Jura mit der Grenze Rhät/Lias zusammen. Diese Grenze bedeutet den schärfsten Schnitt in der Entfaltung der Ammoniten, welche ja für den Jura die größte Bedeutung gewonnen haben, und weiter noch eine wenn auch minder scharfe Trennungslinie zwischen den Brachiopoden der Trias und des Jura. Hieran ändert auch der Umstand nichts, daß z. B. *QUENSTEDT*, *ROLLE* und *LÖRCHER* *Psiloceraten* im Kontakt mit einem Bonebed gefunden haben. Bonebeds kann ich aus verschiedenen Gründen nur als anomale Bildungen in einer marinen Sedimentfolge (ähnlich wie landpflanzenführende Einschaltungen) auffassen, welche für die stratigraphische Stellung einer Schicht belanglos sind. Bonebeds sind nicht streng horizontbeständig; manche des Rhät treten an dessen Obergrenze auf. Die Bonebeds des süddeutschen Rhät enthalten vorwiegend Reste von Wirbeltieren, welche vom Lande oder aus Landwässern stammen, nicht aber solche charakteristischer Wirbeltiere eines Rhätmeeres. Es wäre mir keineswegs überraschend, nicht nur an der Grenze, sondern noch erheblich weiter oben im Lias ein vollkommen „rhätisches“ Bonebed zu finden, wie es ebensovienig Merkwürdiges bietet, hie und da keinen bestimmten

Unterschied in der petrographischen Ausbildung des Rhät und der alleruntersten Liaslage zu finden.

Note 14, Seite 16. Meeresstraßen und Wanderwege im Jura. Die von NEUMAYR 1885 gegebene Rekonstruktion jurassischer Meere und Länder ist nach sehr zahlreichen neuen Funden (fast dürfte man sagen: terra nova, terra jurassica) heute nicht mehr als der Ausdruck der Paläogeographie des Jura aufzufassen. Die Grenzen der Meere und Länder sind vielfachst zu ändern. Und statt nur einer Karte würde ihrer kaum ein Dutzend genügen, um die während der Juraperiode sich abspielenden Veränderungen der Küstenlinien zu veranschaulichen. Im besonderen kommen die Unterlagen für die Verbindungswege des mitteleuropäischen Jurameeres mit anderen Meeresgebieten auf NEUMAYR's Karte nicht in zutreffender Weise zum Ausdruck.

Während der Liaszeit konnten allein die oben angedeuteten Wege von Süden her um die — oder durch die — von NEUMAYR nicht anerkannte Landbarre des „vindelicischen Gebirges“ für die Besiedelung unserer Jurameere in Betracht kommen. Nach Norden gerichtete Straßen, Verbindungswege etwa mit einem arktischen Meere — vergl. NEUMAYR's „Shetlandstraße“ im W. von Skandinavien — sind für die Liaszeit unbeweisbar. Die Arktis ist geologisch ja noch im meisten eine terra incognita, aber eine erkleckliche Zahl von Erkundungen hat doch schon manches Streiflicht auf die geologische Geschichte des Nordpolargebietes geworfen. Mariner Lias ist hoch im Norden bislang nur aus zwei (drei?) Gebieten genannt; nachgewiesen ist er im südlichen Alaska (unterer? und oberer Lias)¹, dann gibt E. v. TOLL² nach Bestimmungen von MICHALSKI vom Mündungsgebiet des Anabara und von der Jana bei Werchojansk in Nordsibirien mittelliasische Versteinerungen an: *Amalth. margaritatus* var. *compressa*, *Belemnites janus*, *Harpax verrucosus*. Nur Namen werden genannt, weder Beschreibungen noch Abbildungen liegen vor; die Dinge können also nicht weiter diskutiert werden. Ich halte es wohl für möglich, daß in der Arktis Meer ohne Unterbrechung von der Trias durch den Jura fortwährte, daß die Arktis — etwa seit dem Silur — kontinuierliche Meeresbedeckung von allerdings vielfach wechselnder Ausdehnung trug. Aber der Lias von Alaska beweist zunächst nur, daß pazifisches Liasmeer zeitweilig so weit nach Norden reichte. Für den mittleren Lias (?) vom Anabara liegt es näher, eine Marin-

¹ Vergl. J. F. POMPECKJ, Jura-Fossilien aus Alaska. Verh. d. k. Russ. Min. Ges. zu St. Petersburg. 1900. Bd. 38, S. 275. F. W. STANTON and G. C. MARTIN, Mesozoic section on Cook Inlet and Alaska Peninsula. Bull. Geol. Soc. of America. 1905. Bd. 16. S. 396.

² Baron E. TOLL, Beitrag z. Geologie d. Neusibirischen Inseln und die wichtigsten Aufgaben der Erforschung der Polarländer. Mém. de l'acad. impér. des Scs. de St.-Petersbourg (russisch). 1899. S. 8. Bd. 9. S. 13, 14.

verbindung etwa über Nordostasien zum Pazifik anzunehmen, als an eine unbeweisbare mit dem mitteleuropäischen Lias zu denken. Auch die pflanzenführenden Rhät-Lias(?)ablagerungen Ostgrönlands¹ beweisen nichts für die Existenz einer Shetlandstraße zur Liaszeit. Sichergestellt ist das Vorkommen von marinem Jura im Bereich des heutigen Polarmeeres erst vom Dogger aufwärts durch Vorkommnisse von Bajocien- resp. Bathonien-Versteinerungen bei Cap Flora (Franz-Josef-Land), König-Karls-Land, Ost-Grönland, Prinz-Patrick-Land (hier vielleicht oberer Lias?), dann von Callovien und oberem Jura an verschiedenen Stellen. Erst von der Unterdogger-(Bajocien-)Zeit an scheint überhaupt die Existenz einer „Shetlandstraße“ möglich. Sicherere Anhaltspunkte für ihr Bestehen werden durch den Jura der Lofoteninsel Andö gegeben, der besten Falles mit dem unteren Malm beginnt und eine gegen (Süden und) Osten, gegen Skandinavien gerichtete Transgression ausspricht. Also erst relativ spät kann eine Shetlandstraße zum Faunenaustausch zwischen der Arktis und Mitteleuropa benutzt worden sein. Aus dem älteren und mittleren Dogger mitteleuropäischer Jurafaunen ist übrigens nichts als so fremdartig bekannt, daß es notgedrungen als arktischer Herkunft bezeichnet werden müßte. — Andererseits haben wir bislang auch keinen Anhaltspunkt für die Feststellung irgendwelcher selbständiger Charaktere in den spärlichen Faunenresten jener Zeiten der Arktis.

Ebenso wie die Shetlandstraße von Norden, so kamen auch andere Wanderwege — von Osten her — erst vom Dogger an in Betracht. Die obengenannte „Regensburger“ Straße ging im Bathonien auf und bedingte vielfachen Gleichklang süddeutscher und mährisch-polnischer Faunen des oberen Dogger und des Malm. Durch sie gelangten auch wohl russische Typen wie z. B. die vereinzelt Auccellen in den Malm Süddeutschlands. Im Bajocien begann die Umflutung Böhmens im Osten, von Mähren und Polen her durch Oberschlesien, dem nordwestdeutschen Jurameer zustrebend. Gleichzeitig drang das norddeutsche Jurameer auch nach Osten vor — im Bathonien Litauen erreichend; ihm kam dann das von Norden über Zentralrußland vorschreitende Meer der Arktis entgegen, um im Callovien, Oxford (? Kimeridge, ? Portland e. p.) das Einwandern russischer Formen in den norddeutschen Jura zu ermöglichen. Hierdurch wurde diesem — im Callovien, im Unteroxford — ein besonderes Faunengepräge durch russische Elemente gegeben, welches sich bis in den Schweizer, z. T. bis in den schwäbischen Jura geltend macht.

Für die Besiedelung der älteren Jurameere Schwabens kann also ganz allein das alpin-mediterrane Jurameer der Ausgang gewesen sein.

¹ F. TOULA gab von der Kuhn-Insel die rhätische *Rhynchonella fissicostata* an, sonst ist marines Rhät nicht wieder gefunden.

Es wäre dabei ziemlich gleichgültig, ob damals auch etwaige, westlich Nordafrikas und der iberischen Halbinsel sich in den heutigen Atlantik hinein erstreckende Meeresgebiete als Faunenlieferanten für den mitteleuropäischen Jura eine Rolle gespielt hätten. Der Jura Portugals, westlich der als insulare Masse aufzufassenden spanischen Meseta, zeigt keine fremdartigen faunistischen Eigenheiten; er läßt lediglich Faunenbeziehungen zum mitteleuropäischen, wie alpin-mediterranen Jura erkennen. Hätte etwa — schon zur Liaszeit — westlich von Nordafrika und Spanien-Portugal — eine Fortsetzung des Mediterranmeeres gegen Westen, bis über Zentral-Amerika, wie meist angenommen wird, bestanden, so würde ihr Faunencharakter doch im wesentlichen wohl ein alpin-mediterraner gewesen sein. Und hätte dieses — fragliche — Gebiet etwa auf den Wegen über Süd- und Westfrankreich oder über die Normandie (?) Elemente zur mitteleuropäischen Jurafauna geliefert, so hätte dadurch kaum etwas wesentlich anderes geliefert werden können als eben ursprünglich alpin-mediterrane Typen.

Das Vorkommen von Lias in Mexiko, der *Vola alata* in Spanien und im Lias Chiles, sowie mancher anderer westeuropäischer und alpiner Arten in Chile beweist aber noch nicht einwandfrei eine Meeresverbindung über den Atlantik während der Liaszeit; die Verbindung kann sehr wohl über den Osten, über den Sundaarchipel und den Pazifik gegangen sein. Auch die marine obere Trias von Mexiko liefert keinen strikten Beweis für die Existenz eines den Atlantik querenden Meeres. Die Untersuchungen von WURM über die Trias der iberischen Halbinsel, speziell über die transgressive Art des Rhät, stützen diese meine Anschauung (vergl. Die Meere der Vorzeit, Gött. 1909. S. 10—12). Dafür, daß etwa die Liasmeere Schottlands, Englands, der Normandie, Westfrankreichs weit in den Atlantik nach Westen fortsetzten, ist kein beweisendes Anzeichen zu finden. Nach dem Vorkommen jurassischer Landsäugetiere in Nordamerika und England ist es wahrscheinlich, daß der normännisch-englisch-schottische Jura höchstens in Form von Buchten gegen Westen in ein nordatlantisch-amerikanisches Land eingriff.

Erst für den oberen Jura ist durch die von HENNIG¹ beschriebenen Aptychen von der Cap Verden-Insel Mayo die Existenz eines jurassischen Meeresraumes im mittleren Atlantikgebiet bewiesen worden, — auffallend weit südlich von der gemeinhin angenommenen Richtung der Fortsetzung des jurassischen Mediterranmeeres.

Daß in Westeuropa selbst die zu Beginn des Jura geschaffenen Meeresverbindungen im Lauf der Zeiten verändert wurden, ist jetzt außer Zweifel gestellt. Ich habe z. B. 1908 betont, daß

¹ Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 1913. Bd. 65. S. 151.

die Marinverbindung zwischen Süd- und Norddeutschland, im Osten der Ardennen-Insel zeitweilig bereits im Unterlias sehr eingeschränkt gewesen sein müssen, daß sie vom jüngeren Callovien ab gar nicht mehr existiert haben möge. TH. BRANDES konnte es dann wahrscheinlich machen, daß diese Verbindungsstraße zeitweilig schon im Unterlias geschlossen war und vielleicht überhaupt nur ganz kurze Zeit währte. NEUMAYR wollte sie (1885) noch bis weit in den Malm hinein bestehend beweisen. Die großen faunistischen Differenzen zwischen dem Malm Schwabens-Frankens und dem Norddeutschlands finden ihre naturgemäße Erklärung durch die angegebenen Veränderungen der geographischen Verhältnisse.

Note 15, Seite 19. Einflüsse von Temperatur und Klima im Jura. Klimatische oder geographische Juraprovinzen? Oben wurde gesagt, daß ich das Vorhandensein von klimatischen und Temperaturdifferenzierungen während der Jurazeit keineswegs ausgeschlossen wissen will. Ich gehe weiter und nehme an, daß im Jura Klimadifferenzierungen durchaus erkennbar sind. So, meine ich, können die petrographischen Verhältnisse im Malm Westeuropas, in erster Linie das mir genauer bekannte Verhalten im süd- und norddeutschen Malm, mit Klimaänderungen im weiteren Sinne in Verbindung gebracht werden. Folgendermaßen: Im Lias und Dogger herrschen ganz vorwiegend klastische, detritogene Gesteine vor, Tone und Verwandtes; Kalk steht zurück. Die Aufhäufung solcher Gesteine im Meere setzt Zufuhr der mächtigen Massen von Detritus durch größere Mengen von Süßwasser, durch größere und wasserreichere Flußsysteme auf den unsere Jura-meere umrahmenden und durchsetzenden Landgebieten voraus. Im unteren Malm Süddeutschlands tritt detritogenes Material allmählich zugunsten kalkiger Absätze zurück — vergl. W. Jura α und β . Das ist in den norddeutschen Ablagerungen \pm ähnlich: in den „Hersumer Schichten“ vielfach noch sandreiches Material, im Korallenoolith vorwiegend carbonatisches Material, dann auch Ausscheidungen von Eisenoolithen, nur lokal sandiges, quarzitisches also detritogenes Material. In unseren W. Jura γ — δ nach ϵ und ζ hin wiederholt sich das Bild: toniges γ , kalkiges δ , ϵ , ζ . \pm ähnlich liegen die Verhältnisse in Norddeutschland im Kimmeridge; wenn dort auch terrigene Bildungen reichlicher zu beobachten sind, so wiegt doch der Kalk mehr und mehr vor. Und der gesamte Kalkgehalt des Malm übertrifft weit das, was an kalkigem Material den Lias- und Doggergesteinen beigemischt ist.

Verkleinerung der Flußsysteme auf den z. T. kleiner gewordenen Landmassen (Fennoskandia, Böhmisches Land, Vindelicisches Land) z. T. aber auch größer gewordenen Ländern (die Ardennen-Insel wurde im Osten mit dem Harz und wohl auch mit Böhmen verschweißt) kann die petrographischen Unterschiede

zwischen Lias-Dogger und Malm nicht erklären. Lediglich verkleinerte Flußsysteme hätten mit geringeren Quanten von Flußtrübe auch geringere Quanten gelösten Materials den Meeren zugeführt. Die Kalke etwa durchweg als weit strandferne Bildungen außerhalb des Gürtels detritogener Massen anzusehen, geht nicht wohl an. Viele der Kalke (z. B. die oolithischen) sind strandnächste Flachseebildungen.

Ich denke im Malm an Zeiten vorherrschenden Trockenklimas, vorherrschend geringerer Niederschläge. Flüsse führen bei Niederwasser bis um sehr vielfaches mehr gelöstes als suspendiertes Material. Das Trockenklima des Malm erreichte in Mitteleuropa sein Höchstmaß im jüngsten Malm, wo die salz- und gipsführenden „Münder Mergel“ bei zurückweichendem Meere als dem Gipskeuper ähnliche Ausfüllungen von einzelnen Depressionen entstanden. Aus Süddeutschland werden keine Äquivalente der Münder Mergel genannt; doch manche rot gefärbten Tone in den von GÜMBEL als „Schutzfelsschichten“ bezeichneten Höhlen- und Kluftausfüllungen im Frankenjura mögen umgelagertes Material von Gesteinen sein, welche den Münder Mergeln zeitlich und genetisch entsprachen und welche bis auf eben diese spärlichen Reste zerstört sind¹. Das Trockenklima kann und wird mit Erhöhungen der Durchschnittstemperatur verbunden gewesen sein.

Trockenklima (und erhöhte Temperatur) ergaben erhöhte Kalkzufuhr zum Meere, gestatteten vergrößerte Kalkausscheidung und ermöglichten mit das teilweise reichlichere Gedeihen stockbildender Korallen z. B. im unteren Malm Norddeutschlands, Englands, später die Korall- und Hydrozoenriffe im oberen Malm Süddeutschlands.

Ich messe dem Klima (im weiteren Sinne) gebührenden Einfluß auf die Ausbildungsweise des Jura bei. Ich gewinne aber nicht die Überzeugung, daß Temperaturdifferenzierungen die Meeresfaunen des Jura so beherrschten, wie NEUMAYR es annahm.

Von verschiedenen Seiten ist NEUMAYR's Hypothese von den Klimagürteln der Jurazeit bekämpft worden. NIKITIN, ORTMANN, HEILPRIN, PFEFFER sprachen dagegen. In jüngster Zeit hat namentlich C. BURCKHARDT auf Grund seiner reichen Erfahrungen im Jura Mexikos und der südandinen Gebiete NEUMAYR's Lehre bestritten; er fand z. B. im oberen Jura Mexikos ein Gemenge „mediterraner“, indischer, mitteleuropäischer und „borealer“ Typen; das spricht ihm gegen den bestimmenden Einfluß der Temperaturverhältnisse auf die marinen Jurafaunen.

¹ Purbeck und Wealden zeugen dann wieder von humiderem Klima (Purbeck- und Wealdentone = z. T. umgelagerte Münder Mergel?) zu einer Zeit, in welcher vermutlich die „präcenomanen“ Schutzfelsschichten Frankens zusammengeschwemmt wurden.

Ich selbst habe früher¹ darauf hingewiesen, zu welchen Umdingen man käme, wollte man z. B. in Ungarn und Siebenbürgen die dort im Lias zu erkennende geographische Verteilung der Faunen alpinen (also tropischen) und mitteleuropäischen (also gemäßigten) Gepräges mit Klima-, hier Temperaturgürteln in Verbindung bringen. Der jetzt von SIMIONESCU näher untersuchte untere Malm der Dobrogea ist bei Hârsova mitteleuropäischen Charakters, nahe den Donaumündungen glaube ich Anzeichen für mediterrane Ausbildung zu sehen, und nördlich von Hârsova liegt bei Cârjelar oberster Malm-Tithon (von PETERS, TOULA, ANASTASIU ohne genügenden Grund als Dogger bezeichnet) von durchaus mediterraner Art, wie Stramberger Tithon ausgebildet; — hier Klimadifferenzierungen? Temperaturgürtel? Verschiebung von Klimazonen? Das wäre mir zum mindesten unwahrscheinlich.

E. HAUG kommt neuestens wieder auf NEUMAYR's Klimahypothese zurück. Er sagt (Traité de géologie. II. S. 1123): „Il ne reste plus d'autre interprétation (d. h. für die faunistischen Provinzen der Jurazeit) possible que de supposer une différenciation de la température de surface des mers jurassiques, et ceci revient à accepter l'hypothèse des zones climatiques, élaborée par NEUMAYR“. Aber HAUG streicht die gemäßigte Zone und erkennt auf Grund differenter Faunen, besonders der Ammoniten, nur eine äquatoriale und eine polare an. Das mitteleuropäische Gebiet „neritischer Fazies“ liegt zwischen der typisch polaren, russisch-arktischen, Provinz und der typisch äquatorialen, alpin-mediterranen, Provinz wie eine Art Pufferstaat und steht teils (z. B. in Süddeutschland) mehr unter äquatorialem, teils — und später — (besonders im anglo-pariser Gebiet) mehr unter polarem Klima einfluß.

Auch der ausgezeichnete Juraforscher V. UHLIG, ein Schüler und der Nachfolger NEUMAYR's, bekennt sich in einem, erst nach seinem Tode veröffentlichten Werke² zur Annahme von nur zwei Klimagürteln. Er unterscheidet 1. ein boreales Reich (die Arktis, Rußland bis gegen das Kaspi-Aralgebiet, die osturalische Region umfassend) mit seinen Annexen über die Lofoten hin, dann über Nordostsibirien gegen eine japanische Provinz greifend und über Alaska in die Nordandine Provinz im Westen Nordamerikas fortgesetzt, 2. einen äquatorialen Gürtel. Dieser wird gegliedert in das westliche mediterrankaukasische Reich, in das östliche himalayische Reich mit japanischer (?) äthiopischer und maorischer Provinz (die Juragebiete Zentral- und Südasiens, Ostasiens (?),

¹ Der Lias am Kessik-tash, W. von Angora, nebst Bemerk. üb. d. Verbreitung d. Lias im ostmedit. Juragebiet. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 1897. S. 826.

² V. UHLIG, Die marinen Reiche des Jura und der Unterkreide. Mitt. d. geol. Ges. Wien. 1911. Bd. III. S. 329 ff.

Australasiens, Ostafrikas und Australiens umfassend) und das südandine Reich (von Mexiko bis Patagonien nach Südafrika). (Südpolare Äquivalente des borealen Reiches sind nicht bekannt.) Der mitteleuropäische Jura (NEUMAYR's gemäßigte Zone) und die ihm faunistisch gleichen Ablagerungen bis ins Kaspı-Aralgebiet und Bucharas werden als neritische Randzone dem mediterran-kaukasischen Reich angehängt.

Die festgestellten geographischen Differenzierungen drängen UHLIG zu der Überzeugung, daß der Unterschied zwischen der borealen und äquatorialen Fauna des Oberjura tatsächlich klimatischen Einflüssen zuzuschreiben sei, daß während der Jurazeit kein uniformes Klima auf der Erde herrschte¹. Mit als wesentlichste Stütze seiner Überzeugung verwertet UHLIG die Feststellung GOTHAN's der Jahresringbildung an Hölzern des jüngeren Jura (?) besonders der Unterkreide höherer nördlicher Breiten und die von HANDLIRSCH betonte Zunahme der Vorderflügelänge bei Insekten vom Lias zum Malm. Letzteres Argument weist nach U. auf den „Bestand von Klimaschwankungen“ hin. — Beide Feststellungen als zu Recht bestehend anerkannt, was haben aber gerade diese mit der Verteilung mariner Faunen zu tun? Nichts.

Wie HAUG verschließt auch UHLIG sich nicht den zahlreichen schwerwiegenden, von der Natur gegebenen, Einwänden gegen die Klimahypothese, die „abnorme“ Verbreitung mancher Juratypen — so: das Vorkommen der „äquatorialen“ Ammoniten *Phylloceras* und *Lytoceras* hoch im Norden, in Alaska, die Verbreitung der Aucellen von der Arktis bis Neuseeland hin. „Topographische, durch geologische Vorgänge geschaffene Tatsachen“ nimmt UHLIG zur Erklärung solcher, der Klimazonen spottender, Vorkommnisse in Anspruch. Und HAUG sagt: „Toutefois la théorie de NEUMAYR ne rend compte des anomalies dans la distributions des genres caractéristiques des deux zones climatiques que si on la complète par l'hypothèse des courants marins, qui en est d'ailleurs la conséquence directe.“

Nicht nur die „Anomalien“ in der Verteilung der Jurafaunen erscheinen mir mit Hilfe „topographischer, durch geologische Vorgänge geschaffener Tatsachen“ und durch „Meeresströmungen“ zu erklären zu sein. Es hängt vielmehr die ganze Verbreitung, örtliche Differenzierung und Mischung der Jurafaunen von solchen Faktoren als den wichtigsten Grundbedingungen ab: Topographische Differenzierungen mit ihren physikalischen Folgeerscheinungen sind die in erster Linie wirkenden Regulatoren der ju-

¹ „Klima“ wird dabei ersichtlich immer nur als eine Funktion der Temperatur aufgefaßt.

rassischen Meeresfaunen. Lage, Form und Größe der jurassischen Festländer, die Erstreckung und Begrenzung jurassischer Meere, die Art und die topographischen Veränderungen der Meere mit ihrem physikalisch-chemischen Verhalten, die durch solche Momente bedingte Richtung von Meeresströmungen führten zur Herausbildung tiergeographischer Provinzen. Dabei spielen für die Umbildung der Meeresfaunen die durch topographische Bedingungen gegebenen Isolierungen — von Meeresräumen und Faunen — eine hochbedeutsame Rolle, ebenso wie freie, offene Verkehrswege, welche Strömungen, Mischung von Faunenelementen verschiedener geographischer Herkunft ermöglichten.

Für die Beurteilung der marinen Tiergeographie des Jura wird gerne von den in der oberen Kreide erkennbaren tiergeographischen, als klimatische gedeuteten „Zonen“ ausgegangen, von der Verbreitung der Rudisten, der Belemniten-Fauna etc. (vergl. NEUMAYR). Das sonst geübte Prinzip, der Ausgang von vorgegebenen Bedingungen entspräche mehr dem Sinne naturwissenschaftlicher Untersuchung.

Die Trias zeigt uns einen gewaltigen Nordkontinent — vom Westen Nordamerikas über den Atlantik nach Ostasien hin —, einen großen Südkontinent, das Gondwanaland — von Brasilien über Afrika, Indien bis Australien. Zwischen beiden flutet, lokal durch Inseln und Barren beengt, das alte Mediterranmeer, die „Tethys“, von den Säulen des Herkules bis über den Sundaarchipel. Dort kommuniziert sie mit zirkumpazifischen Randmeeren (mit einem pazifischen Ozean?). Über Nordostasien und Alaska (?) führten Wasserwege zum triadischen Nordpolarmeere.

Von der Trias zum Jura waren die Änderungen in der Verteilung von Meer und Land zunächst nur unbedeutend. Ebenso gering im Prinzip die geographischen Neudifferenzierungen der Marinfraunen. Die triadische, in den Jura fortdauernde Tethys war der immer wieder gebärende Schoß, aus welchem die transgredierenden Randmeere des mitteleuropäischen Jura in den Nordkontinent quollen. Aus ihr, aus ihrer Fauna wurde die Fauna der jurassischen Tethys und ihrer Appendizes geboren. Ostwestströme herrschten in ihr. Inseln, Barren zwängten Teilströme und das Leben der Tethys in die werdenden Randmeere¹. Geographische Isolierung der Meeresräume z. B. durch die vindelicische Landbarre und durch Inseln, sowie neritische, Flachmeer-Fazies schuf in den gewordenen mitteleuropäischen Meeren die Tethysfauna zur mitteleuropäischen um². Isolierung durch

¹ Über die paläogeographische Bedeutung der Tethys vergl.: Die Meere der Vorzeit. Gött. 1909. S. 12, 17.

² Hätte hier keine topographische Isolierung geherrscht, wären die Gebiete Mitteleuropas ohne Unterbrechung die Fortsetzung des tiefen Troges der Tethys gewesen, dann wäre es in Mitteleuropa niemals zur Differenzierung besonderer, von den

Flachseefazies schuf an den Rändern der Tethys und an größeren Inseln die Auslese zu Lebensgemeinschaften mitteleuropäischen Gepräges im Nordvorland der Ostalpen, in den Karpathenländern und bis Buchara, am Isthmus von Suez und in Abessinien wie z. T. auch in Ostafrika. West-östliche Gegenströmungen — sie mußten in den Randzonen der Tethys entstehen — trugen auch „mitteleuropäisch“ gewordene Faunenelemente nach Osten, bis nach Australien und darüber hinaus¹. Isolierung ließ im „äthiopischen“ Lias — in Madagaskar —, in dem bereits während der Trias südgerichteten Meereseinschnitt ins Gondwanaland, den Sondertypus des Ammoniten Bouleiceras entstehen, und neritische Fazies (wie Strömungen) prägten dieser Provinz vielfach mitteleuropäische Charaktere auf.

Wenig ist von jüngster Trias und älterem Jura aus zirkumpazifischen Gebieten bekannt. Das wenige deutet im allgemeinen auf faunistische Einheit mit der Tethys, im Lias modifiziert durch die faziellen Bedingungen flacher Randmeere, wie in Mitteleuropa, und beeinflußt durch Wanderungen \pm „mitteleuropäischer“ Elemente.

Äußerst wenig weiß man von jüngster Trias und vom älteren Jura der Arktis. Dieses sehr wenige sagt nichts für etwa selbständiges Werden älterer arktischer Jurafaunen aus besonders zusammengesetzter Triasfauna. Der Amaltheus vom Anabara gehört einer weltweit verbreiteten Gattung an. Auch der Lias von Alaska besitzt nichts ihn bestimmt Unterscheidendes, ebensowenig das Bajocien und Bathonien der Arktis. Erst mit dem oberen Dogger, dem Callovien, und mit dem unteren Malm zeigt der arktische Jura seine Sonderart: die reichlichere Entfaltung des Stephanoceratidenstammes von Macrocephalites (Gruppe des M. Ishmae) über Cadoceras, Quenstedtoceras zu Cardioceras, die Entfaltung „absoluter“ Belemniten und der Aucellen, das Fehlen charakteristischer Ammonitentypen des tethydischen Meeres, wie das vieler „mitteleuropäischen“ Typen.

Es ist nicht möglich, heute sicher zu sagen, wie die faunistische Eigenart des arktischen späteren Jura entstand. Für Beeinflussung durch Temperaturverhältnisse spricht allein die geographische Lage, sonst nichts. Über die Verbindungswege mit anderen Meeren ist wenig bekannt. Von den nordpazifischen Randmeeren mag ein Weg über Alaska zur Arktis geführt haben — im Lias?, im

alpinen verschiedener Jurafaunen gekommen. Hier so wenig wie im jüngeren Paläozoicum in Osteuropa und im Norden, wo weite uneingeschränkte Meeresverbindung von der Tethys zur Arktis ging.

¹ Die Bedeutung äquatorial gerichteter Strömungen in der Tethys für die Faunistik des Jura (und meridionaler Ströme in pazifischen Gebieten) hat W. SÖRGEL jüngst betont: Lias und Dogger von Jefbie und Fialpopo (Misólarchipel). N. Jahrb. f. Min. etc. 1913. Beil.-Bd. 36. S. 641 ff. Ich möchte hier noch auf die notwendig sich ergebenden Gegenströmungen hinweisen.

unteren Dogger?, im Callovien —. Ein anderer — (vor? oder seit dem Bathonien — mag vom Ochotski'schen Meer über Werchojansk gegen das Lenagebiet gegangen sein. Was von den wenigen Etappen dieser möglichen Wege bekannt ist, sind Flachsegesteine mit bis zum Callovien indifferenten Fossilien. Die Juragesteine von Ostgrönland durch das zirkumpolare Gebiet bis gegen Westgrönland sind Flachseebildungen aus ganz überwiegend detritogenem Material, mehrfach mit landpflanzenführenden Einschaltungen. Das Nordpolarmeer des Jura, soweit sein geographisches Verhalten zu beurteilen ist, war lange Zeit hindurch ein von den übrigen Marinbezirken mehr isolierter (und anfangs nur spärlich, eintönig besiedelter?) Raum. Hier konnte wohl eben durch geographische Isolierung unter dem Einfluß dominierender Flachseefazies das faunistische Sondergepräge des arktischen Jura werden, welches seit dem Callovien so betont zu erkennen ist. Daß dabei Temperaturverhältnisse mit eine Rolle gespielt haben, ist möglich, ist aber nicht zu beweisen. Das Fehlen von stockbildenden Korallen im Jura der Arktis beweist noch absolut nicht besonders niedrige Temperatur des Meeres. Die stockbildenden Korallen fehlen hier — nach den bekannten Juragesteinen —, weil nirgendwo in der Arktis die faziellen Verhältnisse ihr Gedeihen erlaubten: tonreicher Meeresboden, die Zufuhr großer Mengen von feinkörnigem Detritus verhindert ihr Aufkommen.

Das Callovien, die Zeit, in welcher zuerst die arktische Fauna durch ihre Eigenart aus den übrigen Jurafaunen herausgehoben wird, ist zugleich die Zeit, da die marine Arktis weit an Raum gewinnt, die Zeit der früher weit überschätzten Callovien-Transgression. Das Meer der Arktis mit seiner Fauna dringt transgredierend von Norden bis Südrußland vor. Dort im Süden mischt (?) sich die neritische arktische Fauna mit den neritischen Faunen des kimmero-kaukasischen Teile der Tethys (Orenburg, Mangyschlag) oder ersetzt sie (Donetz-Jura). Sendlinge der arktischen Fauna gehen in das Nordandine Reich mit seinen komplizierten Faziesverhältnissen und ergeben dort mehrartige Mischfaunen, und sie gehen weiter bis ins Südandine Reich. Andere Wege — Shetlandstraße, lithauische Straße — gehen Kolonisten der arktisch-russischen Fauna nach Mitteleuropa, prägen den Charakter der jüngeren Jurafaunen Norddeutschlands, Nordfrankreichs, Englands um. Vereinzelt gelangen sie weiter nach Süden, und manche (auf welchem Wege?) in den nördlichen Verbreitungsbereich der alpin-mediterranen Fauna. Im Osten des Ural mag eine Straße gegen das Meer des himalayischen Reiches geöffnet worden sein, welche das Eindringen einzelner borealer Formen in die Region der oberjurassischen „Spitischiefer“ ermöglichte. Die größere Verbreitung arktischer Faunen vom Callovien ab resultiert — wenigstens in Europa — aus Transgressionen des arktischen Meeres, aus der Öffnung neuer Wasserwege, neuer Wanderstraßen. Wo,

wie in Norddeutschland-Nordfrankreich-England, oder im Donetz-Jura Ersatz älterer Jurafaunen durch solche rein arktischen (Donetz) oder stark von arktischen Elementen beeinflussten Gepräges (in den ersteren Gebieten) stattfindet, da geht dieser Ersatz Hand in Hand mit geographischer Isolierung von jenen Meeresräumen, welchen die hier früher heimische Fauna angehörte. Das hat BORISSIAK sehr schön für den Donetz-Jura gezeigt: Sein Gebiet war vom Oberlias bis in die Parkinsoni-Zeit des Dogger (oder bis zum Bathonien?) ein Teil der neritischen Randzone des alpin-mediterranen Meeres, nach Norden von Land begrenzt; das Meer wird verdrängt, gen Süden, mächtige pflanzenführende Tone, „stumme“ Sandsteine werden aufgehäuft, dann dringt — über Land gewordenes Gebiet — im mittleren Callovien von Norden her das russische Meer vor mit seinen „borealen“ Typen, mit geringem Einschlag polnisch-mitteuropäischer und indischer Formen; Land grenzt nun im Süden diesen zum Annex des zentralrussischen Meeres gewordenen Meeresteil ab gegen die Tethys. Geographische Umwälzungen, nicht etwa Verschiebung einer Klimagrenze, ziehen hier den Ersatz der mitteleuropäischen Fauna durch eine „boreale“ nach sich. (Es kommen übrigens im Donetz-Jura — Oberoxford bis Kimmeridge? — Kalke, Kalkoolithe, stockbildende Korallen vor.) Ganz analoges in Mitteleuropa: Bis ins Bath mitteleuropäische Fauna, dann vom Callovien an — bei strengerer Isolierung gegen Südostfrankreich und Süddeutschland — in Norddeutschland-England-Nordfrankreich mehr und mehr, wenigstens in den Ammonitenfaunen, ausgesprochener nordischer Einschlag, aber nicht boreales Klima, damit würden sich ja weder Oolithe noch jurassische Korallenstöcke ohne Einwand vertragen!¹ ²

¹ H. SALFELD (N. Jahrb. f. Min. etc. 1913. Beil.-Bd. 37. S. 240 und Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 1913. Bd. 65. Monatsber. S. 444, 445) stellt auf Grund der Ammonitenfaunen den oberen Jura Norddeutschlands, Nordfrankreichs, Großbritanniens — als „nordwesteuropäischen Jura“ zusammengefaßt — dem russisch-borealen Jura näher und trennt ihn von dem süddeutschen. Er zerschneidet damit die „mitteleuropäische Provinz“ NEUMAYR's, die neritische Randzone des alpin-mediterranen Reiches UHLIG's. Das läßt sich nur für den oberen Jura begründen. Im Lias und dem größten Teile des Dogger bleiben süd- und norddeutscher Jura trotz mancher Differenzen einander nahe. — SALFELD kommt mit seiner Auffassung auf die früher von v. SEEBACH, WAAGEN, NIKITIN, PAVLOW und mir ausgesprochenen Andeutungen zurück resp. kann er sie vertieft belegen. Ich betonte mehrfach (Schrift. d. Phys. ök. Ges. Königsberg. 1907. S. 92, 93; I. Jahresber. d. Niedersächs. Geol. Ver. 1908. (9) S. 10, 11) wie der norddeutsche Jura im Dogger allmählich dem süddeutschen faunistisch fremder wird, vom oberen Callovien ab größere Übereinstimmungen mit dem russischen annimmt.

² Die auch geäußerte Meinung, mit dem oberen Jura begänne die Herausbildung von Klimazonen (FRECH, RENZ), findet ihre scheinbare Begründung in der Callovientransgression des arktischen Meeres.

In anderen Gebieten des Vordringens der arktischen Jura-faunen mögen ähnliche Verhältnisse geherrscht haben — man kennt ihre Geschichte noch nicht vollständig genug — oder es handelt sich, wie wohl im „Nordandinen Reich“ eben nur um die Öffnung neuer Meeresstraßen. Auffallend dabei: die neugeöffneten Straßen scheinen in jüngerer Zeit mehr zum Auswandern arktischer Faunenelemente benutzt worden zu sein als umgekehrt. Das möchte mir wieder aus geographischen Verhältnissen erklärbar sein: In der Arktis ein fast ringsum abgeschlossenes, von mächtigen Landmassen umgebenes, flaches Meer; mächtiger Zustrom von Süßwasser vom Lande her speiste das Becken; flache und schmale Straßen zu anderen Meeren ermöglichten wohl reichlicheren Abtransport spezifisch leichteren, salzärmeren Wassers, jedoch nur in geringerem Maße Zufuhr salzreicheren Wassers aus südlicheren Meeren — so weiter: geographische Isolierung der Fauna in der Arktis gegen Zuzug aus anderen Meeren. Die Strömungen von und zur Arktis mögen recht wohl verschieden temperiert gewesen sein, aber Klimagürtel haben sie nicht verursacht.

Eine Menge von Momenten, welche gegen die faunenbestimmende Rolle zonar geordneter Temperaturverhältnisse im Jura auszulegen sind, welche für die Annahme der Faunenregelung durch rein topographische Bedingungen und deren Folgen sprechen.

Gegen die herrschende Rolle des Klimaprinzips spricht schon allein die Ausdehnung, welche z. B. UHLIG jetzt dem „äquatorialen Gürtel“ gibt: von den britischen Inseln, von Mexiko, Japan (?) bis zu den Süden der Südkontinente.

Note 16, Seite 22. Zonengrenzen und Faziesänderungen im Schwäbischen Jura. — Einwirkungen tektonischer Vorgänge auf die mitteleuropäischen Meere und Faunen des Jura. — Schwäbisches Jurameer und Germanisches Muschelkalkmeer. — Wie OPPEL (vergl. Note 8, S. 38) so ließ auch NEUMAYR die Annahme nicht gelten, daß die Faziesverhältnisse im Jura als Ursachen der geographischen und der Zonendifferenzierungen der Faunen zu gelten hätten. Wenn letzterer (Unvermittelt auftretende Cephalopodentypen S. 54 [18]) auch sagt, daß „Fazieswechsel“ das „Verschwinden eines Teiles einer Fauna, wenn nicht ihrer Gesamtheit an der davon betroffenen Lokalität und ihre Ersetzung durch Einwanderung“ nach sich zieht, so geht doch aus seinen Ausführungen hervor, daß er dem WANDERN von Faunen die größere Bedeutung auch für die Unterscheidung von aufeinanderfolgenden, verschiedenartigen Faunen — also Zonen — beimißt. — Wandern von Arten und Faunen liegt klar auf der Hand. Aber den Ursachen des Wanderns, welches zur Zonenunterscheidung führte, geht NEUMAYR nicht weiter nach.

Oft genug begegnet es uns mit großer Deutlichkeit, daß mit einer Zonen- = Faunengrenze auch schärfere Änderung der Fazies zusammenfällt, und daß an solchen Grenzen trotz einzelner langlebiger Typen (*Oxytoma inaequivale*, *Terabratula punctata* u. a.) ein schnelles Auslösen der einen, ein abruptes Auftreten der anderen Fauna zu erkennen ist. Man denke z. B. an die Schärfe, mit welcher die Fauna der sogen. β -Kalk im unteren Lias sowohl gegen die der liegenden Tone der Bifer-Zone als gegen die wieder vollkommen andere der hangenden *Oxynotum*-Zone absetzt, wie die Fauna der letzteren gegen die der \pm mergeligen Tone der *Raricostatum*-Zone absticht, wie weiter diese gegen die Fauna der kalkreicheren Schichten des untersten Lias γ absetzt. Scharf ist die ganze Fauna der bituminösen Posidonomyenschiefer unterschieden von jener der kalkreichen Spinatus-Zone des Mittellias; die wenigen Nachzügler aus δ im untersten Lias ϵ sind doch nur ein ärmlichster Ausklang der Mittellias-Fauna, der rettungslos unter den scharf geänderten Lebensbedingungen dem Absterben anheimfällt. Die Beispiele lassen sich häufen.

Anderes kann mehr im Sinne von OPPEL und NEUMAYR ausgelegt werden. Die Gesamtfauuna einer Zone kann sich unempfindlich gegen Faziesänderungen zeigen. Die Fauna der schwäbischen *Numismalismergel* kommt — allerdings sehr verarmt — in grobkörnigen Kalksandsteinen Frankens vor, sie wird an zahlreichen Stellen Norddeutschlands in eisenoolithischen Gesteinen gefunden; die der Amaltheentone (und -mergel) in Eisenoolithen Frankens, in Kalken und Oolithen Norddeutschlands. Die Fauna der Posidonomyenschiefer Schwabens wird (z. T.) in Sandsteinen bei Regensburg wiedergefunden¹. Und L. REUTER² konnte im oberen Dogger Frankens zeigen, daß hier Faziesgrenzen (Kalk-, Phosphorit-, Pyritfazies) nicht mit Zonen = Faunengrenzen zusammenfallen.

Trotz letzterer Feststellungen vermag ich mir die Möglichkeit schärferer Zonengliederung bei Einwanderungen ohne Bezug auf Fazies nicht vorzustellen. Ich verstehe dabei unter Fazies die Summe aller überhaupt in Betracht kommenden physikalischen und chemischen Bedingungen eines Raumes und seiner Umgebung, hier speziell eines Meeres-Lebensraumes. Ich möchte das so auffassen:

Das schwäbisch-süddeutsche Jurameer (und ebenso bis Ausgang des Doggers die mitteleuropäischen Meere überhaupt) war ein

¹ Doch auch im Lias ϵ Differenzierung der Faunen nach Fazies: in den Kalklinsen und Bänken Frankens z. B. der Reichtum an *Pseudomonotis substriata*.

² Vergl. L. REUTER, Die Ausbildung d. oberen Braunen Jura im nördl. Teile d. Fränk. Alb. Geognost. Jahresh. 1907. Bd. 20.

gegen sein älteres faunistisches Nährgebiet, das alpin-mediterrane Jurameer, geographisch \pm abgeschlossener Meeresraum¹. Diese Abgeschlossenheit war keine gleichbleibende, wie die sich un-
stetig ändernden faunistischen Verhältnisse im Schwäbischen Jura ergeben. Die Unstetigkeit muß bestimmte Ursachen haben. Diese vermag ich nur in tektonischen Vorgängen und ihren Begleiterscheinungen zu sehen.

H. STILLE konnte im norddeutschen Jura am Deister, an der Egge, im Osning nachweisen, daß in jungjurassischer Zeit Bodenbewegungen, Schollenverschiebungen erheblichen Maßes stattgefunden haben. Das ist weiter in der Umgebung von Hannover, bei Hildesheim, vom Hils über die Sackberge, über das nördliche und nordöstliche Harzvorland hinaus festzustellen: Jüngste Juragesteine — Serpilit — meist aber solche der unteren Kreide (vorwiegend marine, bei Sehnde auch brackische bis limnische Wealdenbildungen) liegen transgredierend, diskordant über verschieden dislozierten Schollen verschieden alter Gesteine vom Muschelkalk bis zum jüngeren Jura, bis zum Purbeck. Das sind Schollenbewegungen der „kimmerischen resp. saxonischen Faltung“ STILLE'S². Durch sie wurde im wesentlichen schon im Jura das heutige tektonische Bild Nordwestdeutschlands vorbereitet; es erfuhr seine Ausgestaltung und seinen Abschluß durch weitere Dislokationen in der Kreide- und dann noch in der Tertiärzeit. Die größeren, auffällig festzustellenden Bewegungen während der jüngsten Jurazeit in Norddeutschland — ihnen mögen die „präcenomanen“ in Franken zeit-

¹ Die von NEUMAYR betonte „offene“, d. h. uneingeschränkte, Verbindung zwischen mediterranem und süddeutschem Meere bestand nicht.

² Der Ausdruck „saxonische Faltung“ könnte zu der Meinung führen, es handle sich um Faltengebirge nach Art der Alpen oder des variskischen Gebirges. Das wäre irrig. Vertikalbewegungen von Schollen herrschten vor. Die Schollen wurden verschieden stark disloziert, z. T. in Antiklinal- und Synklinalstellung gebracht. Untergeordnet kam es — wie bei vorschreitendem Sinken und bei verschieden starkem Sinken benachbarter Schollen selbstverständlich — dabei auch zur Bildung kleiner Falten und Überkipnungen. Die in den „Salzhorsten“ Niedersachsens beobachteten, z. T. geradezu grotesken Faltungen der permischen Salze sind kein Maß für faltengebirgsbildende Vorgänge, wie STILLE meinte, der jetzt von ihnen sagt, „sie eilen der Faltung voraus“. (H. STILLE, Tektonische Evolutionen und Revolutionen i. d. Erdrinde. Antrittsvorl. Leipzig. 1913. S. 32.) Die \pm gefalteten Salzhorste entstanden in Zertrümmerungszonen, in Bruchzonen des Salzdeckgebirges. Seitliche, sinkende Massen des Deckgebirges zwangen das unter Druck plastische Salz zum Fließen nach solchen Zonen geringeren vertikalen Druckes und in diesen zum Aufsteigen. Reibungswiderstände und verschiedener Druck der in diesen Zonen ursprünglich lagernden und mehr und mehr der Verwitterung und Abtragung unterworfenen, dislozierten Schollenrümpfer ergaben die Faltungen bis Überfaltungen des Salzes (vergl. die im ganzen gleiche Ansicht von HARBORT).

lich \pm gleich stehen — setzten sich in ihren Begleiterscheinungen und Ausgleichsbewegungen sicher weit über Norddeutschland hinaus fort: tektonische Bewegungen in Westeuropa waren die Ursache, daß hier in Süddeutschland im jüngsten Jura das Meer gegen Südwest verdrängt wurde, daß überhaupt im jüngsten Jura Europas die von HAUG betonten Trans- und Regressionen der Meere sich abspielten.

Aber Bewegungen, Verschiebungen von Schollenstücken der Erdrinde setzten nicht erst im jüngsten Jura ein, sie wurden um diese Zeit nur durch weitgehende Schollenzertrümmerung und ungleiche Verschiebungen einzelner Schollen stärker akzentuiert. Rindenbewegungen haben durch den ganzen Jura gewährt. Beweis? Der Lias Nordwestdeutschlands erreicht — wenigstens stellenweise, so am Kahlberg bei Echte — bis etwa 750 m Mächtigkeit; der Dogger dürfte in toto ebenfalls einige hundert Meter messen. Diese riesigen Sedimentmassen sind ganz vorwiegend Flachseebildungen; ihre Aufhäufung setzt sinkenden Meeresboden voraus. In Süddeutschland ist die Mächtigkeit von Lias + Dogger ja zwar eine sehr wesentlich geringere, aber insgesamt ist sie doch viel zu groß, als daß die Gesteine dieser Stufen auf stabil gebliebenen Meeresgrunde aufgefliehen anzunehmen sind: man denke an die in allerflachstem Litoral gebildeten Angulaten-sandsteine des Lias α , an die Eisensandsteine, Personatensandsteine und Eisenoolithe des Braunen Jura β u. a. m. Also auch hier: sinkender Meeresboden. Dabei im Lias und Dogger Süddeutschlands in den Gesteinsfolgen auffallende Unstetigkeit der Sedimentbildungen, in Norddeutschland z. B. in der hessischen Senke die Unstetigkeit im Lias auch zu erkennen. Damit die Gesamtheit der während der Aufhäufung der Lias-Doggergesteine herrschenden physikalischen Verhältnisse unstetig. Die zu verschiedenen Zeiten an einem Ort aufgehäuften verschiedenartigen Gesteine sprechen von unstetigem Zustransport terrigenen Materials, von unstetigen Änderungen in der Wasserführung und in den Gefällsverhältnissen der Flüsse, von unstetigen Abtragungsvorgängen auf den gesteinliefernden Ländern. In allem: der für die Gleichgewichtszustände in der Erdrinde notwendige Ausgleich („isostatic adjustment“) zwischen sedimentbelasteten, sinkenden Meeresräumen und den durch Abtragung entlasteten, aufsteigenden umgebenden Ländern war ein unstetiger.

Die als notwendig anzunehmenden Vorgänge — Sinken der Meeresböden, Aufsteigen der Länder¹ — waren selbstverständlich

¹ Neben den stärker sedimentbelasteten, sinkenden Räumen steigen die durch Abtragung druckentlasteten Länder empor. Sie werden „schildförmig“ aufgewölbt; doch sicherlich nicht allein durch tangentielle Spannungen. Die schildförmige Aufwölbung — aus der Divergenz alter Terrassen in Skandinavien bewiesen, wird

nicht nur in den heute durch erhaltene jurassische Gesteinsfolgen der Beurteilung zugänglichen Gebieten fühlbar; sie mußten notwendig auch weitere Gebiete beeinflussen. Ich meine so: Die Zufuhrwege für Strömungen und wandernde Faunen vom alpin-mediterranen Jurameere zum süddeutschen — an und für sich flach und relativ schmal (man denke an die Sedimente des Rhonebeckens) — konnten durch die aus Bodenbewegungen resultierenden Vorgänge, wie zeitweilig verschiedene Absenkung, größere oder geringere Sedimentaufhäufung, zu Zeiten noch enger und flacher, zu anderen Zeiten tiefer und breiter werden. Schon solche Änderungen müssen auf das \pm abgeschlossene Randmeer wesentlich beeinflussend einwirken. Weiter: bei enger, flacher Zufuhrstraße vom „Ozean“ her, bei zeitweilig reichlicherem Zutransport größerer Süßwassermassen durch größere Flußsysteme wird das Wasser des Binnenmeeres mindestens in seinen oberen Lagen salzärmer, spezifisch leichter. Es wird durch Oberflächenströmung gegen den Ozean abgeführt; von diesem kann salzreicheres Wasser nur als Tiefen-Ausgleichsstrom zugeführt werden. Bei sehr flacher Verbindungsstraße kann der Ausgleich nur unvollkommen sein (vergl. die heutige Arktis und den Atlantik wie Pazifik). Das wird die „bionomischen“ Verhältnisse, die Lebensbedingungen, im abgeschlossenen Randmeere natürlich weitestgehend beeinflussen. Es können zeitweilig Verhältnisse eintreten wie heute im Schwarzen Meer (Posidonomyenschiefermeer). Umgekehrt: Perioden wasserärmerer, kleinerer Flußläufe werden im abgeschlossenen Binnenmeer — namentlich noch zu Zeiten geringerer Niederschläge — Wasser höheren Salzgehalts geben und möglicherweise so, daß der lebensmitführende Zustrom vom Ozean die Verbindungsstraße als Oberflächenstrom passiert, während das salzreichere Binnenwasser in tieferem Ausgleichstrom dem Ozean zugeführt wird, — natürlich resultieren hieraus wieder andere Kombinationen der das Leben beeinflussenden Faktoren im Binnenmeere.

Die skizzierten Möglichkeiten topographischer Veränderungen, welche wohl bis zu zeitweisigem Schließen von Meeresstraßen führen konnten, und welche letzten Endes auf tektonische, epirogenetische wie orogenetische Bewegungen der festen Erdrinde zurückzuführen sind, müssen sich jeweils schnell abgespielt haben, denn wir sehen in unseren Jura- (speziell Lias- und Dogger-)Faunen nicht stetig vor sich gehende Umprägung, sondern unstetige, öfters geradezu katastrophal erscheinende Veränderung durch plötzlichen Faunenwechsel vorherrschen. Die aus den Sedimentfolgen unseres Jura zu schließenden unstetigen Vorgänge des Sinkens der Meeres-

mindestens noch unterstützt dadurch, daß in den mittleren Teilen eines Landsockels, im Oberlauf der Flußsysteme, Erosion und Abtragung um vieles stärker wirken als in randlichen, küstennäheren Teilen, wo bis zu erklecklichem Maße Auflagerung die Abtragung überwiegen kann.

böden, des Aufsteigens der Nachbarländer haben selbstverständlich auch die Fazies der in unseren Meeresräumen entstehenden Gesteine beeinflußt und diese wieder ebenso natürlich noch weiter das Leben.

Nur so vermag ich mir die Möglichkeiten vorzustellen, welche in unserem Jura die Unstetigkeit der Faunenfolgen, das Nacheinander von öfters genetisch untereinander völlig zusammenhanglosen Faunen bedingten; nur so erscheint mir der Gegensatz zur Faunenfolge des alpin-mediterranen Jura erklärbar. Kein Wandern auf breiter, hindernisloser Bahn — das gäbe ja nur kontinuierliche Mischungen. Vielmehr häufig durch geologische Vorgänge unterbrochenes und geändertes, unterbrochenes, anders gerichtete Strömungen folgendes Wandern der Faunen, dabei vielfache Beeinflussung der Faunen in dem flachen Rand-Binnenmeere durch aus gleichen Ursachen — Bewegungen des Bodens — schnell wechselnde Fazies-Lebensbedingungen¹. Geologische Vorgänge, sinkende Bewegungen des Festen im Osten, Nordosten und Nordwesten Mitteleuropas, schufen vom oberen Braunen Jura ab die Möglichkeit für den Zuzug russisch-arktischer Wässer und Tiere, denn: „Die Wässer der Erde folgen den Bewegungen des festen Gerüsts der Erdrinde“ (Die Meere d. Vorzeit, Akad. Festrede. Göttingen 1909. S. 19) — und ihnen folgen die Bewohner der Wässer. Geologische, tektonische Vorgänge in ihrem Einwirken auf topographisch so abgeschlossene Meeresräume wie die Meere des Jura Mitteleuropas, speziell Schwabens-Süddeutschlands, ergaben in diesen die unselbständige und unstetige Faunenentfaltung durch häufigeren \pm vollständigen und plötzlichen Faunenersatz und wurden die Ursache der für die Jurastratigraphie, für die historische Geologie überhaupt so bedeutungsvollen scharfen Zonen = Faunengliederung.

Unser Jura Meer erweist sich in seiner Geschichte, in seiner Faunenentfaltung grundverschieden von dem sonst durch

¹ Dabei ist für eine gegebene Zeit eine Fauna gezwungen, örtliche Faziesunterschiede in unserem Binnenmeere auszuhalten, vergl. z. B. die faunistische Gleichheit der Kalke und Sandsteine der Angulatuszone. Oft kommt es doch auch hier zur Auslese des Faunenbestandes nach örtlichen Faziesdifferenzierungen, welche lokale Unterfärbungen hervorrufen, ohne das Gesamtbild der Fauna einer Zone wesentlich zu stören, vergl. die Fauna der Angulatussandsteine mit der des „Vaihinger Nestes“, der Tone des Braunen Jura α mit jener der Astartenkalke, Pentacrinenkalke etc. des Br. J. α , der Cephalopoden- und der Schwammfazies im Malm usw. — Durch lokale topographische und Faziesdifferenzierungen können an einzelnen Stellen Faunenreste verschiedenen Umfangs aus einer Zone = Zeit in die folgende hinein erhalten bleiben, kann überhaupt die Dauer einer Fauna in verschiedenen Gebieten eine verschieden lange sein.

seine topographische Konfiguration sehr ähnlichen, auch \pm abgeschlossenen, epikontinentalen, flachen Binnenmeere des germanischen Muschelkalks. In letzterem die Fauna vom Wellenkalk bis zum obersten Hauptmuschelkalk durchweg viel gleichartiger bleibend. Manche Typen (Gruppe der *Coenothyris vulgaris*, der *Gervilleia socialis*, der *Myophoria vulgaris*, *Lima striata* und *lineata*) gehen ohne wesentliche Änderung durch den ganzen oder wenigstens durch den größten Teil des Muschelkalks hindurch. Wohl kommt es zur faunistischen Individualisierung dieses und jenes Abschnitts der Schichtenfolge (Spiriferinen-, Terebratel-Bänke, Orbicularisschichten), aber nichts der Zonengliederung unseres Lias oder Dogger gleiches ist uns dort gegeben. Wohl werden mehrfach Vorstöße von neuen Kolonisten aus dem Triasozean bemerkbar (*Beneckeia*, *Acrochordiceras*, *Ptychites*, *Arniotites*, *Arcestes*, *Spiriferinen*, *Gyroporellen* etc.), aber diese Vorstöße verklingen wirkungslos, bedeuten keine Neuordnung von Faunen. Wir sehen hier nicht die ruckweise einander ersetzenden, differenten Faunen wie im Jura, sondern nur nach Faziesänderungen lokal anderes Verhältnis der Faunakomponenten zueinander. Im Muschelkalkmeer viel mehr selbständige und stetige Entwicklung der Faunenkomponenten als im Jura, größere Stetigkeit bei im großen und ganzen trotz örtlicher Differenzierungen gleichbleibender Faziesbilde. Das hielt die Möglichkeit der Zonendifferenzierung hinten. G. WAGNER hat das jüngst besonders klar an dem Verhalten der Ceratiten im oberen Muschelkalk geschildert, deren einzelne Arten hier ganz und gar nicht die Rolle der Leitfossilien spielen, wie die Ammoniten im Jura. Dieses andere Bild der Faunenfolgen im Muschelkalk könnte resultieren aus breiterer, unbehinderter Verbindung des Flachmeeres mit dem Triasozean. Aber solche angenommen müßte eigentlich viel mehr faunistische Übereinstimmungen mit dem alpinen Muschelkalk ergeben, würde nicht gut die so ganz selbständige Entwicklung der Ceratiten verständlich machen. Wahrscheinlich waren die Verbindungen mit der „Tethys“ auch im Muschelkalk \pm behinderte, enge. Aber sie wurden nicht so vielfach geändert wie im Jura. Während der Trias bei uns in Mitteleuropa wohl in allem geologischen Verhalten größere Stetigkeit über längere Zeiten, welche sich in größeren Abteilungen der germanischen Trias, in deren Fazies- und Faunenverhältnissen ja überhaupt deutlicher ausspricht. Unstetigere Gesteins- und Faunen-Florenfolgen der Trias, wie sie in unserer Lettenkohle zu beobachten sind, hängen vermutlich mit jenen geotektonischen Vorgängen zusammen, welche z. B. in der Trias Südtirols die unstetigen Äußerungen des Vulkanismus auslösten.

Die hier ausgesprochenen Anschauungen über die in letzter Linie geologischen Ursachen der faunistisch-stratigraphischen Zonengliederung stützen sich zunächst nur auf die Verhältnisse solcher Rand- resp. Binnenmeere wie die unseres Jura. Ich bin mir wohl bewußt, daß solcher Deutung aus dem Verhalten mancher anderen Zeiten und Gebiete Schwierigkeiten entgegenstehen. Die scharfe Zonengliederung z. B. in Gebieten der durch längere Zeiten währenden Graptolithenschieferfazies des Silur, in den pelagischen Kalken des Oberdevon scheint dem oben ausgeführten zu widersprechen. Aber gerade über die Graptolithenschiefer sind in den letzten Jahren von ULRICH Bemerkungen geäußert, nach denen man die Zonengliederung auch in diesen pelagischen Schiefern als auf geologischen Vorgängen beruhend ansehen dürfte; vielleicht spielen hier auch Rückwirkungen der unter geologischen Einflüssen abändernden Verhältnisse von flachen Randmeeren auf pelagische Gebiete eine Rolle. Vielleicht ist ähnliches auch für die Cephalopoden-Zonen des Devon als möglich ins Auge zu fassen.

Umprägungen der Organismen erscheinen nur verständlich aus abgeänderten Lebensumständen, aus den abändernden Verhältnissen der Umwelt. Das ist aus den Gliedern einzelner Tiergruppen, aus Formenreihen, aus Anpassungsreihen gut ersichtlich. Ebenso sind doch auch die Umprägungen ganzer Lebensgemeinschaften, ganzer Faunen und die Verdrängung einer Fauna durch eine andere nur aus abgeänderten Verhältnissen der Umwelt verständlich. Und Änderungen der Umwelt wieder bedeuten nichts anderes als Änderungen der physikalischen und chemischen — damit auch der bionomischen — Verhältnisse durch geologische Vorgänge. Dann sind eben letzten Endes die Zonen, Stufen, Formationen bedingenden Umstände solche geologischer Art, geologische Vorgänge, resultierend aus dem Verhalten des Erdkörpers, — also analoge Verhältnisse, wie die die geographische Differenzierung der Faunen regelnden.

Verzeichnis der „Zusätze und Erläuterungen“.

- Note 1. Vindelicisches Gebirge, Ardenneninsel etc. S. 27.
„ 2. Lebensweise der Flugsaurier. S. 28.
„ 3. Dauer geologischer Zeitabschnitte. S. 28.
„ 4. Gleichartige und gleichalterige Faunen. S. 29.
„ 5. Formationen. S. 30.
„ 6. WILLIAM SMITH. S. 31.
„ 7. OPPEL's Jurazonen. Anwendung der „Zonen“ in der historischen Geologie. S. 31.
„ 8. OPPEL's Stellung zur Bedeutung der Fazies. S. 38.
„ 9. CUVIER's Kataklysmenlehre. S. 38.
„ 10. Einzug des Deszendensgedankens in die Paläontologie und historische Geologie. S. 39.
„ 11. Sedimentation und „Zonen“ im mitteleuropäischen und im alpin-mediterranen Jura. S. 41.
„ 12. Sporadisch auftretende Typen im Jura Mitteleuropas. S. 42.
„ 13. Die Rhättransgression. S. 44.
„ 14. Meeresstraßen und Wanderwege im Jura. S. 45.
„ 15. Einflüsse von Temperatur und Klima im Jura. Klimatische oder geographische Juraprovinzen? S. 48.
„ 16. Zonengrenzen und Faziesänderungen im Schwäbischen Jura. — Einwirkung tektonischer Vorgänge auf die mitteleuropäischen Meere und Faunen des Jura. — Schwäbisches Jurameer und germanisches Muschelkalkmeer. S. 56.