

Die Bedeutung der Zonengliederung für die Frage der Zeitmessung in der Erdgeschichte.

Von

Dr. C. Diener in Wien.

I. Abschnitt.

Begriff und Wesen der Faunenzone.

Der Entwicklungsprozeß des organischen Lebens spricht sich in der Aufeinanderfolge einer langen Reihe wechselnder Faunen und Floren aus. Die Zeitabschnitte, in welche die Geschichte des Lebens auf Grund des Erscheinens der einzelnen Faunen, insbesondere jener des Meeres, zerlegt werden kann, sind von ungleicher Länge. Es ist der stratigraphischen Geologie wohl gelungen, die Aufeinanderfolge der wichtigsten Ereignisse in der Erdgeschichte, nicht aber das Zeitintervall zwischen den einzelnen Vorgängen festzustellen, da es keine Zeiteinheit gibt, die wir als Maßstab für die Dauer geologischer Ereignisse benützen können. Der Geologe befindet sich in der Lage eines Historikers, der nur die Aufeinanderfolge der verschiedenen Geschehnisse in einem Reiche, aber weder die relative noch die absolute Zeitdauer zu ermitteln vermag, die zwischen den einzelnen Geschehnissen verflossen ist.

Der Versuch, eine Zeiteinheit ausfindig zu machen, die die relative Dauer der einzelnen Epochen, Perioden und Ären in der historischen Geologie zu messen gestatten würde, gilt als ein pium desiderium der Biostratigraphie. Wiederholt ist von Seite mancher Forscher die Meinung ausgesprochen worden, daß die Zonengliederung der am besten bekannten Formationen zu einem zeitlichen Ausdruck der Umprägungen der Lebewelt führen könnte und so

am meisten geeignet sei, uns der Lösung dieser Aufgabe näher zu bringen. WAAGEN sprach zuerst einen solchen Gedanken vermuthungsweise aus, NEUMAYR hat ihm später einen wesentlich schärferen Ausdruck gegeben. In neuester Zeit endlich ist WEDEKIND mit aller Entschiedenheit für die Verwendbarkeit der „Zone“ als geologisches Zeitmaß eingetreten.

Die weitgehende Verwirrung, die über das Wesen und die Bedeutung des Begriffes „Zone“ zu herrschen scheint, rechtfertigt eine Untersuchung über die Grundlagen, Aufgaben und Ziele der Zonengliederung. Es ist meine Absicht hier zu zeigen, was die Zonengliederung bisher geleistet hat, was sie uns bietet, was wir von ihr noch erwarten dürfen, ob sie insbesondere imstande sein möchte, uns das ersehnte Einheitsmaß für eine geologische Zeitrechnung zu liefern.

Die Vieldeutigkeit gewisser Begriffe, die leitenden Ideen als wesentliche Stützpunkte dienen, wird mit Recht als Nachteil für einen Fortschritt der Wissenschaft empfunden. Es kann daher wohl keinem Zweifel unterliegen, daß zunächst der Begriff der „Zone“ vollkommen geklärt sein muß, daß seine Definition nicht verschiedene Möglichkeiten der Deutung zulassen darf, ehe er in praktische Verwendung genommen werden kann.

Als stratigraphische Bezeichnung findet sich der Terminus „Zone“ bereits bei A. D'ORBIGNY, der ihn, allerdings ohne eine nähere Definition, in seinem *Cours élémentaire de Paléontologie et de Géologie stratigraphique* (Paris, 1849/52) zur Charakterisierung einer jeden seiner 27 bzw. 30 Etagen verwendete. Auf den Titel einer jeden Etage folgt bei A. D'ORBIGNY eine Aufzählung der neu erscheinenden Tiergruppen, dann die Angabe „Reich“ (einer oder mehrerer Tiergruppen), endlich die Angabe „Zone“ mit Hinzufügung mehrerer für die Etage leitender Spezies. Nur in einer einzigen Etage (Néocomien) werden zwei Zonen (Unter-Neocom und Urgonien) unterschieden (p. 585).

Als Beispiel sei angeführt (p. 317):

2^e Etage: Devonien (MURCHISON).

Première apparition des Reptiles et des Annelides tubicoles.

Règne de la classe des Mollusques brachiopodes; de l'ordre des poissons ganoides; des Crinoïdes fixes; des familles des poissons diptéridés, acanthoïdés et cephalaspidiés; du genre *Clymenia*.

Zone. De l'*Holoptychius nobilissimus*, de *Phacops macrophthalmus*, de l'*Agamides retrorsus*, du *Murchisonia bilineata*, du *Cardinia Hamiltonensis*, du *Spiriferina reticularis*, des *Cyathophyllum Damnoniense* etc.

Sonst findet sich bei älteren Autoren die Bezeichnung „Zone“ mit Hinzufügung eines Fossilnamens gelegentlich für eine Schicht oder Schichtgruppe, die durch das häufige Vorkommen der genannten Form charakterisiert erscheint. So gebraucht beispielsweise E. HÉBERT¹ den Ausdruck „Zone à *Ammonites primordialis*“ in gleicher Bedeutung mit den Ausdrücken „assise“, „couche“ oder „niveau“. Eine ähnliche Definition des Terminus „Zone“ trifft man sogar noch in der vierten Auflage des Textbuches der Geologie aus dem Jahre 1903 von Sir ARCHIBALD GEIKIE. Dort heißt es (p. 843): „Eine besondere Zone oder Schichtgruppe wird durch das Auftreten von Fossilien angezeigt, unter denen einige dieser Zone ausschließlich eigentümlich sein können oder doch wenigstens durch ihre besondere Häufigkeit auffallen.“ Ferner: „Wenn eine Schichte oder eine beschränkte Anzahl von Schichten durch ein oder mehrere charakteristische Fossilien ausgezeichnet ist, nennt man sie eine Zone oder einen Horizont².“

Eine größere Verbreitung und allgemeinere Bedeutung hat die Bezeichnung „Zone“ in der stratigraphischen Geologie zuerst durch A. OPPEL's Buch „Die Juraformation Englands, Frankreichs und des südwestlichen Deutschlands“ (Stuttgart 1856/58) erhalten. In diesem Werk machte sich OPPEL eine Einteilung der Juraformation nach ihren kleinsten Gliedern in den oben genannten Ländern zur Aufgabe. Die Gliederung des Jurasystems in diese kleinsten Abteilungen wurde auf paläontologischer Basis vorgenommen, nämlich auf Grund einer Untersuchung des faunistischen Inhalts der einzelnen Schichten und Schichtgruppen mit Hintansetzung der lithologischen Beschaffenheit und der faziellen Ausbildung der letzteren. Jede Schichte oder Schichtgruppe, die ihm durch eine ihr eigentümliche Fauna charakterisiert erschien und deren räumliche Verbreitung über eine weitere Erstreckung sich nachweisen ließ, unterschied OPPEL als Zone. Seine Zone ist also wesentlich enger gefaßt und schärfer begrenzt als die Zone d'ORBIGNY's.

¹ E. HÉBERT, Les mers anciennes et leurs rivages dans le bassin de Paris. 1 partie. Terr. jurass. Paris. p. 18, 23.

² A. GEIKIE, Text-book of Geology. 4th ed. 1903. 2. p. 843, 860.

Eine eigentliche Definition des Ausdruckes „Zone“ hat OPPEL allerdings nicht gegeben, aber was er darunter verstand und welchen Zweck er mit seiner Zonengliederung des Jurasystems verfolgte, geht aus zahlreichen Stellen seines Buches und späterer Abhandlungen mit voller Klarheit hervor.

Es war OPPEL's Verdienst, erkannt zu haben, daß eine schärfere Parallelisierung umfangreicherer Schichtgruppen in verschiedenen Gegenden erst vorgenommen werden kann, wenn es gelungen ist, jene Schichtgruppen in ihre Einzelemente aufzulösen und diese miteinander zu vergleichen. Als den Hauptwert der Neueinteilung des Jura bezeichnet er daher selbst die Möglichkeit einer genauen Vergleichung der einzelnen Stufen des Systems, die von älteren Autoren unterschieden und mit gleichen Namen belegt wurden, jedoch einen sehr verschiedenen Umfang besaßen. An dem Beispiel des unteren Lias erläutert er, daß diese Stufe bei QUENSTEDT und D'ORBIGNY den sieben, bei MARCOU nur den vier tiefsten Liaszonen entspricht, während PHILIPPS den unteren Lias QUENSTEDT's noch um zwei Zonen nach aufwärts erweitert hat. „Wollte man schlechtweg den unteren Lias D'ORBIGNY's mit dem von PHILIPPS, MARCOU und QUENSTEDT zusammenstellen, ohne die detaillierten Glieder zu beachten, so könnte entschieden keine genaue Vergleichung zustande kommen, da die Werte, welche die verschiedenen Autoren einer und derselben Etage beilegen, oft gänzlich voneinander abweichen.“ (p. 4.)

Ebensogut wie die Stufen, deren Vergleichung durch eine detailliertere Gliederung des ganzen Jurasystems ermöglicht werden soll, sind daher auch die Zonen im Sinne OPPEL's zunächst räumliche, nicht zeitliche Begriffe. „Ich habe die einzelnen Zonen“ — sagt OPPEL an anderer Stelle (p. 813) — „nach einer ihrer wichtigeren Spezies benannt. Dadurch werden allerdings vereinzelt Merkmale auf das ganze Wesen der zu unterscheidenden Bildungen übertragen, man könnte aber ebensogut Lokalitätennamen für die Zonen in Vorschlag bringen¹.“

¹ J. LAMBERT hat seine auf der Verbreitung der Seeigelfaunen basierten Zonen in der Oberkreide des Pariser Beckens mit den Buchstaben des lateinischen Alphabets von A über A' bis P bezeichnet. In ähnlicher Weise bezeichnete D. ILOWAISKY (L'Oxfordien et le Sequanien des gouvernements de Moscou et Riazan, Bull. Natural. de Moscou 1903. No. 2, 3) seine zehn Zonen im Malm von Zentralrußland mit Buchstaben und Indizes (A₁, A₂, B₁, B₂, C, D₁—D₄).

Damit ist unzweideutig das räumliche Moment als das bei der Einführung des Terminus „Zone“ maßgebende betont und dieser in die gleiche Kategorie mit den Bezeichnungen Stufe und Schichte verwiesen. In der Tat gebraucht ja OPPEL selbst wiederholt die Ausdrücke Zone und Schichte als Synonyma. Bezeichnend in dieser Hinsicht ist insbesondere seine Erläuterung des Ausdruckes „Zone“ in der Tabelle am Schlusse seines Hauptwerkes, wo die Zone den „Lagern oder Stufen, d. h. paläontologisch bestimm- baren Schichtkomplexen“ gleichgestellt wird.

Noch einige weitere Belege für OPPEL'S Auffassung der Zone als eines räumlichen Begriffes mögen hier angeführt werden. In seiner Arbeit „Über jurassische Cephalopoden“ (Paläontol. Mitteil. aus d. Museum d. Kgl. Bayr. Staates, I. 1863) heißt es auf S. 167: „Gegen unten legt sich die Zone des *Ammonites transversarius* auf die Eisenerze etc.“, ferner auf p. 171: „Obschon die Zone des *Amm. transversarius* in der Umgebung von Balingen nicht mehr den Charakter einer versteinerungsreichen Spongenschicht an sich trägt“. Auf p. 165 endlich wird die Zone des *Amm. transversarius* zusammen mit den ihr paläontologisch sehr nahe- stehenden *Impressa*-Tonen als eine „Formationsabteilung“ bezeichnet¹.

Von einer Absicht OPPEL'S, mit seiner Zonengliederung des Jura ein neues Zeitmaß in die Stratigraphie einzuführen, kann also ernstlich wohl nicht die Rede sein. Indem diese Gliederung davon ausgeht, „mit Hintansetzung der mineralogischen Beschaffenheit der Schichten die vertikale Verbreitung der einzelnen Spezies an den verschiedensten Orten zu erforschen und hernach diejenigen Zonen hervorzuheben, welche durch stetiges und alleiniges Auftreten gewisser Arten sich von den angrenzenden als bestimmte Horizonte absondern“ (p. 3), führt sie zur Ermittlung der Aufeinanderfolge von Einzelfaunen. Insofern als jede Einzelfauna eine — ihrer Länge nach zunächst ganz unbestimmte — Zeit gelebt hat, entspricht jeder Zone ein durch ihre Dauer fixierter zeitlicher Begriff. Die Zone besitzt daher wie jede stratigraphische

¹ Übereinstimmend mit OPPEL wendet auch sein Schüler U. SCHLOEN- BACH in seiner Abhandlung über den Eisenstein des mittleren Lias in Nordwestdeutschland (Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 15. 1863. p. 465—566) die Bezeichnungen Zone und Schicht gleichmäßig und in demselben Sinne an.

Einheit, mag sie Stufe, Serie oder System heißen, auch einen chronologischen Wert, der bei der Parallelisierung von Schichtgliedern aus verschiedenen Profilen zum Ausdruck kommt.

Es ist daher keineswegs zutreffend, wenn J. POMPECKJ¹ behauptet: „Eine Zone im OPPEL'schen Sinne sollte die Verbreitungszeit einer bestimmten Art — meist von Ammoniten mit ihrer Begleitfauna bedeuten“, und an anderer Stelle (p. 37) die OPPEL'sche Zone als „einen durch [Gesteine und] Art- oder Faunendauer ausgedrückten Zeitbegriff“ bezeichnet. Demgegenüber kann nur wiederholt werden, daß auch OPPEL's Zonen zunächst räumliche stratigraphische Begriffe decken und daß die zeitliche Bedeutung erst später von einzelnen Nachfolgern OPPEL's, insbesondere von NEUMAYR, in den Terminus Zone hineingelegt worden ist. Wer OPPEL's Zonen im Sinne POMPECKJ's definiert, der müßte auch QUENSTEDT's stratigraphische Unterabteilungen des schwäbischen Jura, die Stufen, Unterstufen, Lager und Bänke als chronologische Termini erklären. Denn auch sie sind in erster Linie auf das Studium des Versteinerungsmaterials begründet, entsprechen getrennten Lebensgemeinschaften und gestatten selbstverständlich ebensogut wie OPPEL's Zonen die Feststellung von Zeitabschnitten, die sich in ihrer Gesamtheit zu einer geologischen Zeitskala vereinigen².

Es ist nützlich, sich das Zonenschema ins Gedächtnis zurückzurufen, das OPPEL in seinem Hauptwerk für den Jura von Mittel- und Nordwesteuropa zuerst entworfen hat, weil es von dem später üblich gewordenen einige nicht unerhebliche Abweichungen aufweist, die noch die dem ersten Versuch anhaftenden Schwächen erkennen lassen. Dieses Schema der Zonengliederung des Jurasystems umfaßt die folgenden Zonen:

¹ J. F. POMPECKJ, Die Bedeutung des schwäbischen Jura für die Erdgeschichte. Stuttgart 1914. p. 11.

² Für die stratigraphische Gleichwertigkeit der Termini, deren sich QUENSTEDT und OPPEL bedient haben, kann POMPECKJ selbst als Zeuge geführt werden, wenn er (l. c. p. 11) sagt: „Für die engsten zu unterscheidenden und nicht weiter präzisiert nach älter und jünger zerlegbaren Lebensgemeinschaften — mit den sie einschließenden Gesteinen — führte OPPEL als Übersetzung der QUENSTEDT'schen Bezeichnungen ‚bank‘ oder ‚lager‘, oder ‚schiefer‘, ‚kalk‘ den Ausdruck ‚Zone‘ ein.“ Die Begriffe „Zone“ und „Zeitdauer einer Zone“ sind daher ebensowenig identisch als die Begriffe „Bank“ und „Die zur Bildung einer Bank nötige Zeitdauer“.

| Stufen | Zonen nach OPPEL, 1858 |
|---------------------------------|--|
| Kimmeridge | 32. Zone d. <i>Trigoniu gibbosa</i> . |
| | 31. Z. d. <i>Pterocera Oceani</i> . |
| | 30. Z. d. <i>Astarte supracorallina</i> . |
| Oxford | ? 29. Z. d. <i>Diceras arietinum</i> . |
| | 28. Z. d. <i>Cidaris florigemna</i> . |
| | 27. Lower calcareous grit und Scyphienkalke. |
| Kelloway | 26. Z. d. <i>Ammonites biarmatus</i> . |
| | 25. Z. d. <i>Amm. athleta</i> . |
| | 24. Z. d. <i>Amm. anceps</i> . |
| Bath | 23. Z. d. <i>Amm. macrocephalus</i> . |
| | 22. Z. d. <i>Terebratula lagenalis</i> . |
| | 21. Z. d. <i>Terebratula digona</i> . |
| Bajocien oder Unteroolith | 20. Z. d. <i>Amm. Parkinsonii</i> . |
| | 19. Z. d. <i>Amm. Humphriesianus</i> (mit Subzone d. <i>Amm. Sauzei</i> , p. 335). |
| | 18. Z. d. <i>Amm. Murchisonae</i> . |
| | 17. Z. d. <i>Trigonia navis</i> . |
| Oberlias | 16. Z. d. <i>Amm. torulosus</i> . |
| | 15. Z. d. <i>Amm. jurensis</i> . |
| | 14. Z. d. <i>Posidonomya Bronni</i> . |
| Mittl. Lias | 13. Z. d. <i>Amm. spinatus</i> . |
| | 12. Obere } Z. d. <i>Amm. margaritatus</i> . |
| | 11. Untere } |
| | 10. Z. d. <i>Amm. Davoei</i> . |
| | 9. Z. d. <i>Amm. ibex</i> . |
| | 8. Z. d. <i>Amm. Jamesoni</i> . |
| Unt. Lias | 7. Z. d. <i>Amm. raricostatus</i> . |
| | 6. Z. d. <i>Amm. oxynotus</i> . |
| | 5. Z. d. <i>Amm. obtusus</i> . |
| | 4. Z. d. <i>Pentacrinus tuberculatus</i> . |
| | 3. Z. d. <i>Amm. Bucklandi</i> . |
| | 2. Z. d. <i>Amm. angulatus</i> . |
| | 1. Z. d. <i>Amm. planorbis</i> . |

Durch die Fortschritte der Untersuchungen OPPEL's und seiner Schüler innerhalb des nächsten Jahrzehnts ist die Zoneneinteilung des Lias nur wenig verändert worden. Der Lias bot eben für eine solche die günstigsten Bedingungen, weil hier mit verhältnismäßig geringem Fazieswechsel an Ammoniten reiche Schichten aufeinander folgen, deren Merkmale auf weite Strecken gleich bleiben und die überall durch dieselben leitenden Ammonitenarten gekennzeichnet werden. Die große Bedeutung der Ammo-

niten für die Zoneneinteilung des Jurasystems tritt in diesem ersten Entwurf OPPEL's noch lange nicht so klar hervor, als aus den Zonentabellen, in denen die Erfahrungen der unmittelbar folgenden Periode der Juraforschung niedergelegt worden sind. Im Lias sind zwei, im Dogger drei Zonen nach Vertretern anderer Tiergruppen benannt. Von den sieben Zonen des Malm (mit Ausschluß des Kelloway) konnte gar nur eine einzige nach einem leitenden Ammoniten bezeichnet werden¹. Allerdings ist auch der den Malm behandelnde Abschnitt in OPPEL's Hauptwerk der am wenigsten durchgearbeitete. Er hat noch zu des Meisters Lebzeiten eine gründliche Änderung erfahren. Schon im Jahre 1863 konnte OPPEL selbst vier neue Ammonitenzonen des Malm charakterisieren, jene des *Ammonites transversarius*, des *Amm. bimammatus* mit der Subzone des *Amm. Hauffianus*, des *Amm. tenuilobatus* und des *Amm. steraspis*². Im unteren Oxford hat er später der *Transversarius*- und *Biarmatus*-Zone noch die Zone des *Amm. Lamberti* hinzugefügt³ und unterhalb der *Bimammatus*-Zone jene der *Terebratula impressa* ausgeschieden⁴.

Im Dogger stellte er 1862 die Zone des *Ammonites Sowerbyi* auf, die später von seinem Schüler WAAGEN eingehend begründet wurde. Auch die Gliederung des Bathonien wurde noch von ihm selbst vertieft und erweitert durch den Nachweis der Zone des *Amm. zigzag* oder des *Amm. linguiferus* im Profil von Crussol⁵. Dieser ursprüngliche Zonenname OPPEL's ist bald nachher durch SCHLOENBACH's Bezeichnung „Zone des *Amm. ferrugineus*“ verdrängt worden⁶. Auch der Name „Zone der *Terebratula lagenalis*“

¹ Man beachte, daß in der Tabelle unter der Rubrik „Zonen“ auch der Lower calcareous grit und Scyphienkalk sich befindet. Diese Einordnung beweist wohl klar, daß für OPPEL der Terminus „Zone“ einen räumlichen und nicht einen zeitlichen Begriff decken sollte.

² A. OPPEL, Über jurassische Cephalopoden. II. Paläontol. Mitt. aus d. Museum d. Kgl. Bayer. Staates. I. 1863. p. 214.

³ A. OPPEL, Über die Zone des *Ammonites transversarius*. BENECKE's Geognost. Paläontol. Beitr. I. 1866. p. 214.

⁴ Der Name *Biarmatus*-Zone ist später durch die Bezeichnung „*Cordatus*-Zone“ verdrängt worden.

⁵ A. OPPEL, Geognostische Studien im Ardèche-Departement. Paläontol. Mitt. etc. I. 1865. p. 309.

⁶ Der Nachweis, daß die echte *Parkinsonia ferruginea* OPP., die mit SCHLOENBACH's *P. ferruginea* nichts zu tun hat, vom oberen Bajocien in die

ist durch WAAGEN's Bezeichnung „Zone der *Oppelia aspidoides*“ ersetzt worden.

Nur allmählich ist, wie man sieht, die Zonengliederung des Jurasystems herangereift, bis sie gegen das Ende der sechziger Jahre jene Form erhielt, die ihr dann — von geringen Änderungen abgesehen — während des ganzen letzten Drittels des vorigen Jahrhunderts verblieb¹.

OPPEL's klassische Arbeiten haben nicht nur auf das Studium der Juraformation einen so mächtigen und nachhaltigen Einfluß geübt, daß seine Zonengliederung fast allgemeine Annahme und Verbreitung fand, sie haben auch sonst beispielgebend gewirkt. Seiner Methode folgend hat U. SCHLOENBACH eine Einteilung der böhmischen Kreide in sechs, SCHLÜTER eine solche der norddeutschen Oberkreide in fünfzehn Cephalopodenzonen, E. v. MOJSISOVICS eine solche der alpinen Trias in eine größere Zahl von Ammonitenzonen versucht. Strenge im Sinne OPPEL's hat auch TH. WRIGHT² in seiner Monographie der Ammoniten des Lias der britischen Inseln (Palaeontographical Society, London 1878/84) dessen Zoneneinteilung auf die Stufen des englischen Lias übertragen und auf die Untersuchung der Ammonitenfaunen begründet. Da solche Zonen durch ihren organischen Inhalt, nicht durch die Gesteinsfazies charakterisiert werden, so bezeichnet sie WRIGHT wiederholt als Lebenszonen (Life-zones).

Lehrreich für eine zutreffende Definition des Terminus „Zone“ in seiner eigentlichen und ursprünglichen Bedeutung in der stratigraphischen Geologie sind insbesondere die Verhandlungen des II. Internationalen Geologenkongresses in Bologna im Jahre 1881. Die in Paris 1878 eingesetzte Kommission zur Vereinheitlichung der geologischen Nomenklatur erstattete durch ihren Generalsekretär G. DEWALQUE folgenden Vorschlag (p. 554): Der Terminus „Zone“ fällt in die Kategorie der stratigraphischen, nicht

Bathstufe aufsteigt, hat HAUG im Jahre 1891 (Chaines subalpines p. 78) veranlaßt, eine ebensowenig glückliche Neubenennung dieser Zone nach der *Oppelia fusca* vorzuschlagen.

¹ So hat sich insbesondere an Stelle des Namens „Zone d. *Amm. torulosus*“ (mit Einschluß der Zone d. *Trigonia navis*) die von DUMORTIER 1874 vorgeschlagene Bezeichnung *Opalinus*-Zone eingebürgert.

² Th. WRIGHT hat OPPEL's Zoneneinteilung des Lias unverändert übernommen, jedoch eine einheitliche Benennung aller Zonen nach Ammoniten durchgeführt.

der chronologischen Bezeichnungen. Unter Zone versteht man einen Schichtkomplex niederer Ordnung, charakterisiert durch ein oder mehrere ihm eigentümliche Fossilien, die den Namen für die Zone abgeben. Zone ist synonym mit Schichte (couche). Der Unterschied liegt nur in der notwendigen Hinzufügung eines oder zweier Fossilnamen. Der Ausdruck „Zone“ kann mit dem Terminus „Lager (assise)“ zusammenfallen, wird aber zumeist nur eine Unterabteilung vierter Ordnung bedeuten. Ein besonderer chronologischer Terminus, der der Zeitdauer der Ablagerung einer Zone entsprechen würde, erscheint dem Komitee nicht notwendig.“

Auch die Vorschläge der Einzelkomitees stimmen, so sehr sie in manchen Punkten auseinandergehen, doch darin überein, daß sie dem Terminus „Zone“ nur einen räumlichen (stratigraphischen), keinen chronologischen Wert zuerkennen. Sehr nahe stehen einander die Auffassungen der Komitees von Belgien¹, Spanien und Portugal², England³, Frankreich⁴, Rußland und der Schweiz⁵. Eine einigermaßen abweichende Haltung nimmt nur das italienische Komitee ein. Es spricht sich dahin aus, daß der Ausdruck Zone für eine systematische Klassifikation der Ablagerungen nicht verwendet werden könne (p. 513). Dagegen sei die Einteilung der

¹ Zone ist ein Synonym des Terminus „Unterstufe“ oder „Gruppe“, nur daß die Zone durch bestimmte Fossilien, insbesondere eine Art, der sie ihren Namen verdankt, gekennzeichnet wird (p. 438).

² Zone ist eine stratigraphische Einheit niederer Ordnung, zusammengesetzt aus konkordanten Schichten derselben oder mehrerer Gesteinsarten, deren Fazies oft wechselt (p. 444).

³ Zone ist eine durch ein oder mehrere charakteristische Fossilien gekennzeichnete Unterabteilung einer Formation (p. 493).

⁴ Jede Gruppe von Schichten, charakterisiert durch einige besondere Fossilien, bildet eine Zone. Die Veränderungen der organischen Welt können jedoch aus dem Studium der den Zonen übergeordneten stratigraphischen Einheit (Lager, assise) viel besser entnommen werden, als aus jenem der nur lokal gut differenzierten, oft miteinander verschmelzenden Zonen (p. 462). Zwei gleichzeitig gebildete Zonen haben oft eine ganz verschiedene Fauna, z. B. die Zone der Rudistenkalke in der Provence und der Trigiensand des Pariser Beckens im oberen Cenoman, die doch gleichalterig, weil zwischen den Zonen des *Anorthopygus orbicularis* unten und der *Ostrea biauriculata* oben eingeschlossen sind (p. 467).

⁵ Die Unterabteilung eines Lagers (assise) heißt Zone. Die Zone hat höchstens einen regionalen Wert.

Stufen in Zonen, aber für jede Provinz im besonderen durchgeführt, wünschenswert. „Die Zonen“ — heißt es weiter — „sind die einzigen Abteilungen im Raume, die den Forderungen chronologischer Einheit in der Paläontologie Rechnung tragen, aber ihre Typen und Grenzen wechseln, entsprechend jedem einzelnen Entwicklungszentrum.“

Auch diejenigen Komitees, in deren Vorschlägen auf den chronologischen Wert der Dauer einer Zone Rücksicht genommen wird, halten an der Zone als einem räumlichen Begriff, als Bezeichnung für „eine Abteilung im Raume“ fest. Während aber für die mit den höheren stratigraphischen Einheiten, wie Gruppe, System, Serie (Stockwerk), Stufe, korrespondierenden Zeitabschnitte präzise Termini (Ära, Periode, Epoche, Alter) in Vorschlag gebracht worden sind, hat man leider davon abgesehen, einen ähnlichen Terminus für die Zeitdauer der Bildung einer Zone festzusetzen. Nur das Komitee für die Schweiz hat als einen solchen die Bezeichnung „Moment“ empfohlen (p. 542).

An dem Gebrauch des Terminus „Zone“ für die kleineren Unterabteilungen einer Stufe halten auch heute noch viele Geologen fest¹, indem sie bald von Zonen eines Fossils, bald von Schichten eines solchen sprechen (Zone des *Aspidoceras acanthicum* GEMMELLARO 1872, FAVRE 1877, PAWLOW 1886 — Schichten mit *Aspidoceras acanthicum* NEUMAYR 1873, GEMMELLARO 1877, CHOFFAT 1878, CANAVARI 1896/1903, TOULA 1907). Auch die meisten unserer Lehrbücher erläutern den Ausdruck Zone in diesem Sinne, so jene von A. DE LAPPARENT², MARR³, HAUG⁴ und KAYSER⁵.

¹ Nur S. NIKITIN gebraucht in seiner Monographie der Juraablagerungen zwischen Rybinsk, Mologa und Myschkin an der oberen Wolga (Mém. Acad. imp. d. sciences, St. Pétersbourg, VII sér. 28. No. 5. 1881. p. 20 ff.) die Bezeichnung Etage im Sinne einer Jurazone OPPEL'S.

² A. DE LAPPARENT, Traité de Géologie, 2. ed. 1885. II. p. 708: „Vom paläontologischen Standpunkt aus bezeichnet man die gleichartigen Unterabteilungen eines Lagers oft als Zonen und benennt sie nach dem Namen eines herrschenden Fossils.“

³ E. MARR, Principles of stratigraphic geology. Cambridge 1899. p. 68. Zonen sind Gürtel (belts) von Schichten, charakterisiert durch eine Vergesellschaftung organischer Reste, unter denen man eine besonders häufige und charakteristische Form als namengebend auswählt.

⁴ E. HAUG, Traité de Géologie. II. 1908/11. p. 561. Jede Stufe oder Unterstufe umfaßt eine oder mehrere Zonen, die man mit dem Namen der am meisten charakteristischen Spezies belegt. Der Ausdruck Zone, der von OPPEL in die

Für die Verbreitung des Gebrauches des Terminus „Zone“ im Sinne einer räumlichen Bezeichnung mögen noch einige Beispiele hier angeführt werden.

F. SCHMIDT¹ hat, unbeeinflusst durch OPPEL's Gliederung des Jura, das Silur von Esthland und Livland in acht Zonen geteilt, die er jedoch zumeist mit Lokalnamen (Borckholmsche Schicht, Jördensche Schicht), nur ausnahmsweise nach Fossilien (Zone bzw. Schichten des *Pentamerus borealis*) benannt hat. Man könnte im Zweifel sein, ob hier eine wirkliche Zonenfolge oder nur eine einfache Schichtenfolge vorliegt.

A. GAUDRY² wendet den Namen Zone in demselben Sinne an wie A. D'ORBIGNY's Etage (Stufe). Jede Zone, deren er vom Cambrium bis zur Gegenwart 114 unterschied, bezeichnet ihm eine Formationsabteilung, in der die Fauna eine Erneuerung durch das Auftreten neuer Spezies erfuhr.

In einer seiner älteren Arbeiten hat P. CHOFFAT³ die Bedeutung der Ausdrücke Horizont, Zone, Schichte (couche) und Niveau erläutert. Das Äquivalent der Zone im Sinne OPPEL's ist für ihn der Terminus Horizont. Zone und Schichte behandelt er als Synonyma und verbindet mit ihnen zugleich die Vorstellung von einer bestimmten Fazies. Niveau gilt ihm als Unterabteilung einer Zone. Die verschiedene Bedeutung der vier Termini erörtert er an der Hand des folgenden Beispiels: „Der Horizont des *Ammonites macrocephalus* bietet im Juragebirge zwei Fazies: die

Stratigraphie eingeführt worden ist, hat über die besser gewählten Bezeichnungen „Horizont“ oder „Niveau“, die man gelegentlich angewendet hat, den Sieg davongetragen.

¹ E. KAYSER, Lehrbuch der geologischen Formationskunde. 3. Aufl. 1908. p. 8. — Abriß der allgemeinen und stratigraphischen Geologie. 1915. p. 164. Als kleinste geologische Einheit betrachtet man nicht die Schicht, die bei ihrer verhältnismäßig beschränkten Verbreitung doch von zu örtlicher Bedeutung ist, sondern die Zone, d. i. eine Anzahl von Schichten, die durch eine ganz bestimmte Fauna oder auch nur eine, dann aber besonders bezeichnende Leitversteinerung ausgezeichnet ist.

² F. SCHMIDT, Untersuchungen über die silurische Formation von Esthland, Nordlivland und Ösel. Dorpat 1858.

³ A. GAUDRY, Les enchainements du monde animal. I. Terr. prim. Paris 1883. p. 25.

⁴ P. CHOFFAT, Esquisse du Callovien et de l'Oxfordien dans le Jura occidental et le Jura méridional. Mém. Soc. d'emulation du Doubs. 5 sér. 3. 1878. p. 4.

Schichten oder Zone des *Amm. macrocephalus* und die Schichten der Dalle nacrée. Das obere Callovien umfaßt die beiden Niveaus des *Amm. anceps* und des *Amm. athleta*, die zu wenig scharf getrennt sind, um ihre Unterscheidung als besondere Zonen zu rechtfertigen.“

Auch in seinen Arbeiten über den Jura von Portugal bezeichnet CHOFFAT¹ die einzelnen Abteilungen zwar nach den Namen ihrer Leitammoniten, jedoch nicht als Zonen, sondern als Schichten (couches). Untergeordnete Glieder werden durch die Bezeichnung Niveau unterschieden. So findet man bei ihm die folgende Gliederung des mittleren Lias:

Couches à *Amm. spinatus*.

Couches à *Amm. capricornus*.

Niveau de l'*Amm. Maugenesti*.

Couches à *Amm. Jamesoni*.

Einer übereinstimmenden Auffassung des Zonenbegriffes begegnet man bei H. B. WOODWARD², S. S. BUCKMAN³ und A. J. JUKES BROWN⁴. H. WOODWARD, der das Wesen der Zone ausführlich erörtert hat, gibt eine Definition derselben, die später von MARR wörtlich in seine „Principles of stratigraphic geology“ übernommen worden ist, betont jedoch, es sei die wesentliche Idee (essential idea) einer Zone, daß sie eine Periode des organischen Lebens unabhängig von der Anhäufung von Sediment bezeichne. Dem räumlichen Begriff der Zone mischt sich daher in dieser Definition der Hinweis auf einen zoologischen und chronologischen Wert der Zone bei.

Auch F. FRECH⁵ faßt den Terminus Zone als Ausdruck für einen vorwiegend räumlichen Begriff, wenn er betont, daß im Paläo-

¹ P. CHOFFAT, Etude stratigraphique et paléontol. des terr. jurass. du Portugal. Lisbonne 1880.

² H. B. WOODWARD, On geological zones. Proceed. Geol. Assoc. 12. 1892. p. 295.

³ S. S. BUCKMAN, The Bajocien of the Sherborne district. Quart. Journ. Geol. Soc. London. 49. 1893. p. 481. „Schichten durch eine eigentümliche Vergesellschaftung von Arten gekennzeichnet, bilden eine Zone.“

⁴ A. J. JUKES-BROWN, Zones and chronological maps. Geol. Mag. 1899. p. 216.

⁵ F. FRECH, Über die Abgrenzung und Benennung der geologischen Schichtgruppen. Compte-rendu Congrès géol. internat. VII. St. Pétersbourg. 1897. p. 46.

zoicum für Zonen Lokalnamen oder Buchstaben häufiger gebraucht werden als im Mesozoicum und der zahlreichen versteinungsleeren oder versteinungsarmen Lokalbildungen wegen auch kaum zu entbehren seien.

In seinem Handbuch „Die Leitfossilien“ führt KOKEN¹ die Anmonitenspezies des Jura in der Regel nach den QUENSTEDT'schen Horizonten, nur ausnahmsweise nach den OPPEL'schen Zonen an. Ebenso führt SCHLOSSER in seiner Abhandlung „Die Fauna des Lias und Dogger in Franken und der Oberpfalz“² die Beschreibung der Fauna zunächst nach den von QUENSTEDT in Schwaben unterschiedenen Horizonten durch und zieht nur gelegentlich auch die OPPEL'schen Zonen in Betracht. Selbst in einer Monographie der Belemniten des schwäbischen Lias aus dem Jahre 1912 werden die Ausdrücke: Zone des *Amm. Bucklandi*, *Jurensis*-Schicht, *Torulosis*-Schicht, Zone des *Ammonites Murchisonae*, *Margaritatus*-Schicht unmittelbar hintereinander im gleichen Sinne gebraucht³. Gerade das Durcheinanderwerfen der Bezeichnungen Zone und Schichte oder Schichtgruppe bei den drei zuletzt genannten Autoren beweist deren Überzeugung von einer Gleichwertigkeit jener beiden Termini.

A. BITTNER⁴ ist sogar so weit gegangen, die Bezeichnungen Zone und Schichte als direkt identisch zu erklären. Zone — meint er — sei nichts weiter als ein moderner Kunsta Ausdruck für das gute alte Wort Schichte. Er glaubt geradezu der Fiktion entgegen treten zu müssen, „als ob die Zonen etwas anderes und als ob sie insbesondere etwas Besseres und Vollkommeneres seien, als das, was man früher Schichten, Schichtgruppen, Niveaus etc. genannt habe“⁵.

Für den Ausdruck Zone im Sinne einer Anzahl von Autoren mag diese Anschauung BITTNER's eine gewisse Berechtigung haben,

¹ E. KOKEN, Die Leitfossilien. Leipzig 1896. In KOKEN's Buch „Die Vorwelt und ihre Entwicklungsgeschichte“ (Leipzig 1893) werden die Zonen (p. 301) als die kleinsten stratigraphischen Abschnitte der Juraformation bezeichnet. Doch geschieht derselben überhaupt nur beiläufig Erwähnung.

² Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. **53**. 1901. p. 511—569.

³ E. WERNER, Über die Belemniten des schwäbischen Lias. Palaeontogr. **59**. 1912.

⁴ A. BITTNER, Zur neueren Literatur der alpinen Trias. Jahrb. Geol. Reichsanst. Wien. **44**. 1894. p. 370.

⁵ A. BITTNER, Bemerkungen zur neuesten Nomenklatur der alpinen Trias. Wien 1896. p. 10.

für OPPEL's Zonen kommt ihr keinesfalls eine uneingeschränkte Geltung zu.

Die Zonen HÉBERT's, SCHMIDT's und OPPEL's sind einander nicht gleichwertig, obwohl sie sämtlich als stratigraphische Bezeichnungen ausschließlich räumliche Begriffe decken. Im Sinne mancher Autoren kann jede beliebige Schichte oder Bank, in der ein bestimmtes Fossil häufig vorkommt, ohne Rücksicht auf ihren sonstigen Schichtverband herausgegriffen und als Zone nach dem Namen jenes Fossils bezeichnet werden. OPPEL's Zonen dagegen haben die faunistische Untersuchung eines größeren Schichtkomplexes zur Voraussetzung. Sie stehen als Unterabteilungen des letzteren miteinander insoferne in einem bestimmten Zusammenhang, als jede eine eigene Fauna enthält, deren wichtigste Arten sich durch konstante Merkmale von jenen der Nachbarzonen trennen lassen. Mit Hilfe der Zonengliederung OPPEL's läßt sich daher ein ideales Profil einer Formation konstruieren, „dessen Glieder gleichen Alters in den verschiedenen Gegenden immer wieder durch dieselben Arten charakterisiert sind“.

In dieser Erkenntnis lag der Wert der Entdeckung OPPEL's. Denn die Erfahrung, daß die Zonen nicht eine regional beschränkte Bedeutung besitzen, sondern mit gleichbleibenden Faunen über weite Gebiete verfolgt werden können, war wirklich eine große Entdeckung.

Wie wir sahen, ist die Zone von OPPEL selbst und in Übereinstimmung mit ihm von der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Geologen im Sinne eines räumlichen Begriffes aufgefaßt worden, entsprechend einer Schichte oder Schichtgruppe mit einer ihr eigentümlichen Fauna. Durch ihren faunistischen Inhalt erlangt sie einerseits einen zoologischen, andererseits auch einen chronologischen Wert, insoferne, als der Ablagerung der betreffenden Schicht, beziehungsweise der Lebensdauer der in ihr eingeschlossenen Fauna ein Zeitabschnitt entspricht. Die weiteren Wandlungen des Zonenbegriffes ergeben sich nun im wesentlichen daraus, daß bald der eine, bald der andere dieser beiden Werte stärker oder gar allein betont und so an Stelle des ursprünglichen Zonenbegriffes ein neuer gesetzt wurde.

So hat schon 1867 der englische Geologe R. TATE¹ dem Zonen-

¹ R. TATE, On the lower Lias of the Northeast of Ireland. Quart. Journ. Geol. Soc. London. 23. 1867. p. 300 — „the zone is a zoological one, and signifies an assemblage of species and not the range of an Ammonite.“

begriff einen zoologischen Inhalt an Stelle des stratigraphischen zu geben versucht. Er definierte die Zone nicht als eine Schichte mit einer bestimmten Fauna, sondern als diese Fauna selbst, als eine Vergesellschaftung von Arten, die über eine mehr oder weniger weit ausgedehnte Region verfolgt werden könne. Über eine ähnliche Unterschiebung der Fauna an Stelle der die Fauna beherbergenden Schicht für den Inhalt des Zonenbegriffes bei NEUMAYR, E. v. MOISISOVICS und POMPECKJ wird noch zu sprechen sein¹.

Einen neuen Inhalt haben ferner WAAGEN und NEUMAYR dem OPPEL'schen Zonenbegriff gegeben. W. WAAGEN setzte die Dauer einer der OPPEL'schen Jurazonen in den beiden Stufen des Bath und Kelloway gleich dem Zeitintervall zwischen je zwei Mutationen des *Amm. subradiatus*. M. NEUMAYR behauptete, an WAAGEN's Mitteilungen anknüpfend, daß die OPPEL'schen Jurazonen als die Entwicklungsphasen der Marinfrauna der Juraperiode „chronologisch die mittlere Durchschnittsdauer einer Mutation der verbreitetsten marinen Tiere, speziell der Cephalopoden, darstellen“.

WAAGEN sowohl als NEUMAYR sind von OPPEL's Zonengliederung des Jura ausgegangen. In der Praxis gebrauchten beide die Bezeichnung „Zone“ durchaus im Sinne OPPEL's. In seiner preisgekrönten Arbeit über den Jura in Franken, Schwaben und der Schweiz bedient sich WAAGEN² ohne irgend eine Einschränkung oder Abänderung der Methode seines Lehrers zur Parallelisierung der auf Grund ihrer Faunen unterschiedenen Unterabteilungen — eben der Zonen — über größere Distrikte. Später wird der Zonenbegriff bei ihm vieldeutiger und verschwommener als bei OPPEL. So leitet er seine Abhandlung über die Zone des *Amm. Sowerbyi*³ mit den folgenden Sätzen ein: „Es ist nicht das Unterscheiden der Schicht, noch auch das Unterscheiden der organischen Formen,

¹ H. F. OSBORN (The age of Mammals. 1910. p. 47), der seine Säugetierzonen im nordamerikanischen Känozoicum nur nach Gattungen benennt (*Uintatherium*-Zone, *Eobasileus*-Zone), legt ebenfalls dem Terminus „Zone“ eine vorwiegend zoologische Bedeutung unter. Alle fossilführenden Formationen, sagt er (l. c. p. 48), können parallelisiert werden, soweit sie ähnliche Lebenszonen enthalten. In einem ausschließlich räumlichen oder zeitlichen Sinne gebraucht er den Ausdruck „Zone“ nicht.

² W. WAAGEN: Der Jura in Franken, Schwaben und der Schweiz, verglichen nach seinen paläontologischen Horizonten. München 1864.

³ W. WAAGEN: Die Zone des *Ammonites Sowerbyi*. BENECKE's Geogn. Paläontol. Beitr. I. 1867. p. 511.

die die Schicht charakterisieren, welches den Zweck des gegenwärtigen Aufsatzes bildet, sondern vielmehr mittelst dieser Unterscheidungen eine bisher noch wenig beachtete Station organischen Lebens festzustellen, ein neues, bestimmt fixiertes Glied in der Zeitskala des Bildungsprozesses des Jura nachzuweisen. . . . Das wage ich mit Bestimmtheit auszusprechen, daß, wenn die betreffende Fauna gesondert für sich auftritt, sie stets in der Reihe der Ablagerungen die gleiche relative Position festhält. Wenn wir nun diese Erscheinung an den meisten Punkten Zentraleuropas in konstanter Weise sich wiederholen sehen, sollten wir dann nicht berechtigt sein, diese Schichten als einen Zeitabschnitt zu betrachten, in welchem eine eigentümliche Fauna sich über Zentral-europa verbreitete, sie als solche für sich zu bezeichnen und als Zone mit einem Namen zu belegen?“

Charakteristisch ist auch der folgende Satz (p. 514): „Die Zone des *Amm. Sowerbyi* fällt in den Zeitraum zwischen dem Erscheinen des *Amm. Murchisonae* und dem Auftreten des *Amm. Sauzei*. Die Begrenzung der Zone sind also nach unten jene Schichten, die den *Amm. Murchisonae* beherbergen, nach oben wird sie abgeschlossen durch die Bank mit *Amm. Sauzei*.“

Hier wird also zugleich mit dem räumlichen in fast ebenso hohem Maße auch das zeitliche Moment betont, dem Begriff der OPPEL'schen Zone neben dem stratigraphischen auch ein chronologischer Wert zuerkannt. WAAGEN hat sich damit eine größere Freiheit in der Anwendung jenes Terminus gestattet als sein Vorgänger.

Der überragende chronologische Wert der Zone für WAAGEN erhellt aus dessen berühmter Abhandlung über die Formenreihe des *Amm. subradiatus*, obwohl darüber direkt nichts gesagt wird¹. WAAGEN beschränkt sich darauf, zu zeigen, daß je zwei Mutationen — konstante Abänderungen einer Art, die nicht nebeneinander liegen, sondern zeitlich aufeinander folgen — durch das Zeitintervall getrennt sind, das der Dauer einer Zone entspricht. Diese Tatsache wird allerdings nur für zwei Formenreihen, jene des *Amm. subradiatus* und des *Amm. genicularis*, festgestellt, deren Mutationen aus der Zone des *Amm. Parkinsonii* bis in jene des

¹ W. WAAGEN, Die Formenreihe des *Ammonites subradiatus*. BENECKE'S Geogn. Paläont. Beitr. II: 1869.

Amm. athleta verfolgt werden. Die Schlußfolgerung, daß das Zeitintervall zwischen je zwei Mutationen der Dauer einer OPPEL'schen Jurazone gleich sei, hat WAAGEN selbst nicht direkt ausgesprochen.

WAAGEN's Gedanke wurde von M. NEUMAYR aufgegriffen und selbständig weiter ausgebaut, zunächst im dritten Teil seiner „Jurastudien“¹. Für NEUMAYR stellt die Reihe der von OPPEL unterschiedenen Zonen „die Summe aller in der mitteleuropäischen Provinz beobachteten Entwicklungsstadien der marinen Jura-fauna dar.“ Das Wesen der Zone definiert NEUMAYR in den folgenden Sätzen: „Es hat sich ziemlich allgemein die Ansicht Geltung verschafft, daß die Faunen der aufeinanderfolgenden Schichten in einem genetischen Zusammenhang stehen, und man wird sich durch eine ganze Formation hindurch eine ideale Entwicklungsreihe der Tierwelt denken, von welcher wir einzelne Phasen in den Faunen sehen. Jede einzelne Phase oder jedes Entwicklungsstadium, welches wir fixieren können, nennen wir eine Zone. Aus dieser Definition geht hervor, daß die Zone in erster Linie kein geologischer, sondern ein paläontologischer Begriff ist und daß die Zoneneinteilung kein Fachwerk bilden soll, welchem die verschiedene Ablagerung jeder Gegend eingezwängt werden solle.“

In einer späteren Arbeit „Über unvermittelt auftretende Cephalopodentypen im Jura Mitteleuropas“ verweist NEUMAYR² auf OPPEL's Versuch einer Gliederung des Jurasystems auf paläontologischer Basis mit Berücksichtigung der möglichst universell und in allen Schichten verbreiteten Tiergruppen, insbesondere der Cephalopoden. Allerdings ist, strenge genommen, seine Behauptung kaum zutreffend, daß OPPEL jede Sedimentgruppe, die in weiter Verbreitung durch konstante, wenn auch minutiöse Merkmale dieser Art charakterisiert erschien, als Zone bezeichnet habe³.

¹ M. NEUMAYR, Jurastudien. III. Die Phylloceren des Dogger und Malm. Jahrb. Geol. Reichsanst. Wien. 21. 1871. p. 349.

² Ibid. 28. 1878, insbesondere p. 40.

³ Viel objektiver hat F. v. HAUER (Die Geologie etc. Wien 1878. p. 441) die faunistische Bewertung der OPPEL'schen Jurazonen beurteilt. Die letzten Einheiten seiner Einteilung — heißt es dort — bezeichnet OPPEL als Zonen. Jede derselben hat eine ihr eigentümliche Fauna, und wenn auch viele Arten durch mehrere Zonen hindurchgreifen, kennzeichnet doch jede eine besondere Phase in der Entwicklungsgeschichte der Organismen.

„OPPEL“ — fährt er fort — „unterschied noch keine Formenreihen, allein dadurch, daß er die nächstverwandten Arten so scharf als möglich voneinander trennte, erhielten seine Arten in fast allen Fällen jene Umgrenzung, die später den Mutationen jener Formenreihen gegeben wurde. Vom jetzigen Standpunkt aus betrachtet stellt daher seine Zoneneinteilung eine Gliederung nach der vertikalen Verteilung der sukzessiven Mutationen der verbreitetsten Meerestiere dar.“

„Verfolgt man nun detailliert“ — heißt es weiter — „das Vorkommen der einzelnen Mutationen, so ergibt sich rein empirisch, daß die Dauer solcher Mutationen aus verschiedenen Formenreihen in der Mehrzahl der Fälle dieselbe ist, daß mehrere derselben allerdings durch mehr als eine Zone sich erstrecken, in anderen Reihen im Verlauf von zwei Zonen drei Mutationen auftreten, daß aber die Dauer der Mutationen aus verschiedenen Reihen im Durchschnitt die gleiche, der Bildungszeit einer Zone entsprechende ist. Es ist das eine sehr merkwürdige und auffallende Tatsache, deren Erklärung oder theoretische Diskussion hier nicht am Platze ist, aus der sich aber ergibt, daß die OPPEL'schen Zonen des Jura chronologisch die mittlere Dauer einer Mutation der verbreitetsten marinen Tiere, speziell der Cephalopoden, darstellen.“

Dementsprechend nennt NEUMAYR (l. c. p. 79) die Zonengliederung des Jura eine geologische Gliederung auf paläontologischer Basis, gestützt auf die Mutationen der häufigsten Typen der universellen Faunen.

Die gleiche Auffassung klingt uns aus seiner Abhandlung „Über die Ornatentone von Tschulkowo“ entgegen. Hier heißt es: „Die Zonen sind bestimmt, uns die einzelnen Entwicklungsphasen der universellen Marinfraunen darzustellen, uns die durchschnittliche Dauer je einer Mutation der verbreitetsten Meerestiere zu repräsentieren.“ Gleichzeitig wird betont, daß nur die universellen Faunen die Grundlagen einer Zonengliederung abgeben können¹.

Ein ähnlicher Gedankengang findet sich im zweiten Bande der „Erdgeschichte“ (1887, p. 15—17). Hier erörtert NEUMAYR

¹ M. NEUMAYR, Die Ornatentone von Tschulkowo und die Stellung des russischen Jura. BENECKE's Geogn. Paläont. Beitr. II. 1876. p. 339.

zunächst die Aufgabe des Geologen, die Reihenfolge der geologischen Ereignisse und mit ihr die einzelnen Entwicklungsphasen der Organismenwelt festzustellen. Das erste Erfordernis für ein Glied der allgemeinen Einteilung ist, daß dasselbe wirklich eine selbständige Entwicklungsphase der Organismenwelt darstellt und daß es durch allgemeine, auf große Erstreckung verfolgbare Verschiedenheit seiner Bevölkerung von der nächst älteren und jüngeren Abteilung abweicht. Da die geologische Einteilung wesentlich auf Meerestiere begründet ist, „werden wir als die Einheit der geologischen Gliederung jenen Zeitabschnitt betrachten, innerhalb dessen die häufigsten allgemein verbreiteten und nach dem heutigen Stande unseres Wissens gut bekannten Meerestiere sich der Mehrzahl nach gleichbleiben“.

„Die Gliederung der Formenreihen in Mutationen, die nur in ganz feinen Merkmalen voneinander abweichen und zwischen denen die Übergänge in der Regel selten sind, gibt uns die besten Hilfsmittel für die geologische Einteilung ab. Als die kleinsten paläontologisch charakterisierten Abschnitte betrachten wir diejenigen, innerhalb welcher die Mehrzahl der Formenreihen keine bemerkbare Veränderung erleidet, während die Angehörigen derselben Formenreihen in unmittelbar aufeinanderfolgenden Abschnitten durch die feinsten noch mit Sicherheit und beständig nachweisbaren Unterschiede voneinander abweichen, d. h. nächstverwandten Mutationen angehören. Diese kleinsten Abschnitte einer universellen Gliederung der Schichten stellen uns also Entwicklungsphasen der Tierwelt dar, welche der mittleren Durchschnittsdauer einer Mutation der wichtigsten marinen Organismen entsprechen. Jeden einzelnen dieser Abschnitte, die nach dem Vorgange von OPPEL Zonen genannt werden, bezeichnet man in der Regel nach einem häufigen und weit verbreiteten Fossil, welches ihm eigen ist¹.“

Auf solche Weise ergibt sich nach NEUMAYR's Ansicht die Möglichkeit, die Gliederung in Zonen, welche die einzelnen Entwicklungsphasen der organischen Welt repräsentieren, für eine Zeitmessung geologischer Ereignisse nutzbar zu machen. An der Zahl der Zonen kann die relative Länge jeder einzelnen Periode festgestellt werden, für die sich eine Zonengliederung als durch-

¹ Diese Ausführungen NEUMAYR's sind von V. UHLIG unverändert in die zweite Auflage der „Erdgeschichte“ (1895) übernommen worden.

führbar erweist. So würde sich, unter der Voraussetzung der gleichen Länge der Zeitdauer einer jeden Zone, nach der Einteilung OPPEL's (1858) für die Epoche des Dogger (mit Einschluß des Kelloway) mit zehn Zonen die anderthalbfache, für jene des Lias mit fünfzehn Zonen die doppelte Länge der Malmepoche (mit nur sieben Zonen) ergeben.

Obwohl der Begriff der OPPEL'schen Zone sich durch NEUMAYR eine wesentliche Verschiebung seines Inhaltes gefallen lassen mußte, ist NEUMAYR doch in der Praxis so wenig als WAAGEN von OPPEL's Zonengliederung abgegangen. Eine scharfe Gegenüberstellung des räumlichen und des zeitlichen Wertes einer Zone entspricht keineswegs seinen Anschauungen. Vielmehr gebraucht er denselben Terminus je nach Bedarf bald in dem einen bald in dem anderen Sinne. Er definiert das eine Mal die Zonen durch die Lebensdauer einer Vergesellschaftung von Arten, da sie ihm ja einer bestimmten Entwicklungsphase der Tierwelt entsprechen. das andere Mal durch die Lebensdauer gewisser Gruppen von Arten, nämlich durch die Aufeinanderfolge einander ablösender Mutationen einzelner Formenreihen. Die letztere Definition, die der damals herrschenden Vorstellung von der allmählichen Umwandlung einer Spezies in eine andere Rechnung trägt, findet sich am deutlichsten ausgesprochen in NEUMAYR's Abhandlung über die Faunen des untersten Lias in den Nordalpen. Diese Arbeit ist zugleich die einzige Quelle, aus der man einen Beweis für die Meinung schöpfen könnte, NEUMAYR habe die Jurazonen nicht nur in der Theorie, sondern auch in der Praxis anders gefaßt als OPPEL. Eine solche Auffassung ließe sich nämlich durch NEUMAYR's Ausspruch begründen, es liege für das Zusammenfallen der durch die zeitweilige Einwanderung ortsfremder Elemente schärfer differenzierten Zonen des schwäbischen Jura mit den eigentlichen, auf den Mutationen beruhenden Zonen kein Beweis vor¹.

Auch für die eigentlichen, auf die Mutationen begründeten Zonen im Sinne NEUMAYR's bleibt dessen Auffassung bestehen, daß sich während der Dauer derselben die überwiegende Mehrzahl der Arten nicht ändert. Auch für NEUMAYR sind die Zonen Faunenzonen, die die Lebensdauer ganzer Gemeinschaften, nicht einer einzelnen Spezies, umfassen.

¹ M. NEUMAYR: Zur Kenntnis der Fauna des untersten Lias in den Nordalpen. Abhandl. k. k. Geol. Reichsanst. Wien. VII/5. 1879. p. 2.

Schon erheblich weiter von dem Zonenbegriff OPPEL's als NEUMAYR entfernt sich daher E. W. BENECKE¹ in seiner großen Monographie der Eisenerzformation von Deutsch-Lothringen und Luxemburg, indem er mit dem Ausdruck „Zone einer Art“ nur deren geographische Verbreitung und Lebensdauer bezeichnet. Allerdings wird der zweite Teil dieser Definition dadurch eingeschränkt, daß es an anderer Stelle heißt, die Zone bezeichne, streng genommen, nicht die Lebensdauer, sondern nur den zeitweiligen Aufenthalt der betreffenden Art in dem untersuchten Gebiete.

Den Zonenbegriff BENECKE's hat später auch E. DACQUÉ² sich zu eigen gemacht.

Eingehend hat sich auch J. POMPECKJ³ mit dem Wesen der Zonen befaßt, doch ist er ebensowenig als NEUMAYR zu einer scharfen Definition des Zonenbegriffes gelangt. Als maßgebend könnte allerdings zunächst jene erscheinen, in der er seinen von BENECKE abweichenden Standpunkt erläutert (l. c. p. 37) und das Zeitmoment voranstellen, beziehungsweise allein betonen möchte, so daß man „auch dort von der Zone = Zeit eines Ammoniten sprechen könnte, wo dieser nicht gefunden wird“. Mit dieser Definition, die die Zone nur als einen Zeitbegriff gelten läßt, harmoniert jedoch der folgende Satz (l. c. p. 12) nicht: „Weiter ist dann der wesentlich aus dem schwäbischen Jura gewonnene Begriff ‚Zone‘ als Ausdruck einer einheitlichen, auf einen nicht weiter gut teilbaren, engen geologischen Zeitabschnitt beschränkten Fauna mit einigen oder wenigen Dominanten auch für die meisten anderen Formationen als Gliederungsmaß üblich geworden.“ Da noch ein zweites Mal (p. 41) im gleichen Sinne von der „scharfen Scheidung von Zonen = Faunen“ gesprochen wird, so dürfte POMPECKJ wohl kaum in Abrede stellen, daß auch er trotz seiner kritischen Untersuchungen über das Wesen der Zone den Terminus in verschiedenem Sinne, bald für eine Fauna (wie TATE), bald für die Verbreitungszeit eines Ammoniten und seiner Begleitfauna gebraucht.

¹ E. W. BENECKE, Die Versteinerungen der Eisenerzformation von Deutsch-Lothringen und Luxemburg. Abhandl. Geol. Spez.-Karte von Elsaß-Lothringen. N. F. Heft VI. 1905. p. 531.

² E. DACQUÉ, Grundlagen u. Methoden der Paläogeographie. 1915. p. 293 ff.

³ J. F. POMPECKJ, Die Bedeutung des schwäbischen Jura für die Erdgeschichte. Stuttgart 1914.

Eine vollständige Veränderung hat endlich der Zonenbegriff durch R. WEDEKIND¹ erfahren. Dieser Forscher stützt seine biostratigraphische Methode auf den Grundsatz, daß das Zeitintervall, d. i. die Zone, der Lebensdauer einer Art entspreche. Für ihn deckt also der Terminus „Zone“ ausschließlich einen zeitlichen Begriff².

In der geologischen Literatur herrscht nunmehr, wie ich zur Genüge gezeigt zu haben glaube, eine so schrankenlose Freiheit in der Verwendung des Terminus „Zone“, daß überflüssiger Streit und Unklarheit nur durch eine präzisere Fassung desselben vermieden werden kann. Stets muß man sich vor Augen halten, wie leicht gleichlautende Termini zu einem Mißbrauch verleiten, indem man vergißt, die Definition, die jenen Terminus erklärt und einschränkt, im Geiste an Stelle des Wortes zu setzen, das nur ein Symbol ist.

Die folgende Zusammenstellung ist geeignet, die Vieldeutigkeit des Ausdruckes „Zone“ in der stratigraphischen Geologie zu zeigen.

Zone des *Ammonites anceps* auctorum (HÉBERT, GEIKIE): Eine Schicht, in der *Amm. anceps* häufig vorkommt.

Zone des *Amm. anceps* OPPEL: Eine Unterabteilung des Kelloway, charakterisiert durch eine ihr eigentümliche Fauna, in der *Amm. anceps* eine Rolle spielt.

¹ R. WEDEKIND, Über die Grundlagen und Methoden der Biostratigraphie. Berlin 1916. p. 32.

² „WAAGEN und NEUMAYR“ — heißt es bei WEDEKIND (p. 32) — „begründeten als die ersten den Begriff ‚Zone‘ und verstanden darunter die absolute Lebensdauer der Art. Der Fehler ihrer Ausführungen liegt darin, daß sie mit einem undefinierten Artbegriff und mit dem unhaltbaren Begriff Mutation operierten. An NEUMAYR's Grundprinzip ist aber unbedingt festzuhalten, wenn Zonengliederungen einen Anspruch auf Exaktheit haben sollen.“ Wenn WEDEKIND hinzusetzt, daß von der Zeitfrage die Raumfrage getrennt gehalten werden müsse, weil sie den Zeitbegriff voraussetze, so scheint mir eher das Gegenteil richtig. Erst aus der Untersuchung der Schichten mit ihrem Fossilinhalt, also eines Objekts im Raume, können Erfahrungen über die zeitlichen Beziehungen dieser Schichten und ihrer Faunen gewonnen werden. Der Behauptung WEDEKIND's, NEUMAYR habe unter der Zone die absolute Lebensdauer einer Art verstanden, kann man NEUMAYR's Definition im dritten Teile seiner Jurastudien entgegenstellen, wo NEUMAYR „jede einzelne Phase in der Entwicklung der organischen Welt, die wir fixieren können“, als Zone bezeichnet. Auch hat NEUMAYR die Zone niemals durch die Lebensdauer einer einzelnen Art, sondern durch die Lebensdauer der Mehrzahl ihrer verbreitetsten Arten definiert.

Zone des *Amm. anceps* TATE: Die Fauna, die im mittleren Kelloway mit *Amm. anceps* vergesellschaftet ist.

Zone des *Amm. anceps* NEUMAYR: 1) Eine Unterabteilung des Kelloway im Sinne OPPEL's. 2) Die Zeitdauer dieser Unterabteilung, ausgedrückt durch die Lebensdauer ihrer verbreitetsten Arten (nicht des *Amm. anceps* allein). 3) Eine bestimmte Entwicklungsphase in der Marinfrauna des Oberjura, beziehungsweise des Kelloway.

Zone des *Amm. anceps* CHOFFAT (1878): Schichten einer bestimmten Fazies des Horizonts mit der Fauna des *Amm. anceps*.

Zone des *Amm. anceps* BENECKE, DACQUÉ: Geographische Verbreitung und Lebensdauer des *Amm. anceps*.

Zone des *Amm. anceps* POMPECKJ: 1) Verbreitungszeit des *Amm. anceps* und seiner Begleitfauna. 2) Fauna der Schichten mit *Amm. anceps*.

Zone des *Amm. anceps* WEDEKIND: Lebensdauer des *Amm. anceps*.

Der Terminus „Zone“ bezeichnet also bald eine Schichte oder Schichtgruppe mit einer bestimmten, ihr eigentümlichen Fauna, bald diese Fauna selbst, bald die Zeit, in welcher die Bildung der betreffenden Schichtgruppe erfolgt ist, bald die Lebensdauer der von dieser Schichtgruppe umschlossenen Fauna, bald die Lebensdauer einer bestimmten, jene Fauna charakterisierenden Art, bald deren Lebensdauer und geographische Verbreitung.

Die dadurch herbeigeführte Verwirrung ist in der Tat kaum noch zu überbieten. Angesichts derselben hält es z. B. STOLLEY¹ geradezu für müßig, noch weiter um den Begriff der Zone zu streiten „und etwa einen OPPEL'schen Zonenbegriff, der überhaupt nie klar umschrieben war, zu konstruieren oder aus ihm nachträglich etwas Bestimmtes herauszulesen“. Ich kann diese Meinung nicht teilen, glaube vielmehr, daß die Wiederherstellung des Zonenbegriffes in seiner ursprünglichen Fassung, beziehungsweise eine präzisere Unterscheidung der bisher nicht hinreichend geklärten Begriffe unerläßlich ist, für die heute der Terminus „Zone“ als ein wissenschaftliches „Mädchen für Alles“ in Verwendung steht. Auf der labilen Grundlage einer solchen hin und her schwankenden

¹ E. STOLLEY, Über einige Ceratiten des deutschen Muschelkalkes. Jahrb. Kgl. Preuß. Geol. Landesanst. 37. 1916. p. 140.

Terminologie läßt sich eine wissenschaftlich begründete Zonenlehre allerdings nicht errichten.

Für eine präzise, von vorgefaßten Meinungen unabhängige Terminologie scheint mir zunächst ein Vorschlag in Betracht zu kommen, den S. S. BUCKMAN¹ anläßlich einer Diskussion über die Bedeutung des Ausdruckes Hemera gemacht hat.

Dieser Forscher hat in den Jahren 1893 und 1898 die Jura-periode in Hemeren zu teilen versucht, d. h. in Zeitabschnitte, deren jeder die Blütezeit (Akme) einer bestimmten Ammoniten-spezies bezeichnet. Für ihn ist die kleinste chronologische Einheit in der Stratigraphie nicht die Zone im Sinne NEUMAYR's, die die Lebensdauer einer Vergesellschaftung von herrschenden Arten umfaßt, sondern die Hemera, deren Länge durch das akmatische Stadium einer herrschenden Ammonitenart bestimmt wird. Da die Hemera nicht mit der Lebensdauer, sondern mit der Blüte jener Art zusammenfällt, so mag deren Parakme und Epakme sich beträchtlich über die betreffende Hemera hinaus erstrecken. So entspricht z. B. die Hemera *margaritati* einem viel kürzeren Zeitabschnitt als die Lebensdauer des *Amaltheus margaritatus*.

Die verschiedenen Definitionen der Hemera bei BUCKMAN sind nicht ganz gleichlautend. Das erstemal (1893) ist von der dominierenden Existenz (dominant existence) einer Art, später und zumeist von der Zeit der Akme in der Entwicklung einer oder mehrerer Arten, gelegentlich aber auch von dem ersten Auftreten einer herrschenden Spezies bis zum Auftreten (rise) der nächstfolgenden die Rede. Da BUCKMAN selbst jedoch in seiner Diskussion mit JUKES-BROWN auf die Definition der Hemera als Zeit der Akme oder der dominierenden Existenz einer Art das Hauptgewicht zu legen scheint, so dürfte es gerechtfertigt sein, in Übereinstimmung mit POMPECKJ² diese Definition als die maßgebende anzusehen.

Im Wesen der Hemeren liegt es, daß ihre Aufstellung nur für sehr beschränkte Gebiete Geltung besitzt. Für universelle Gliederungen sind sie keinesfalls zu verwerten, da sie schon in benachbarten Gegenden zeitlich nicht immer zusammenfallen. So macht sich z. B. die Hemera *Jamesoni* in Lothringen viel später

¹ S. S. BUCKMAN, The Bajocien of the Sherborne district. Quart. Journ. Geol. Soc. London, 49. 1893. p. 481. — On the grouping of some divisions of so called Jurassic time. Ibid. 54. 1898. p. 442—462.

² J. F. POMPECKJ, Die Bedeutung d. schwäb. Jura f. d. Erdgesch. p. 37.

geltend als in Schwaben. Den Zeitabschnitt, den man in Schwaben als Hemera *Jamesoni* bezeichnen darf, dürfte man daher in Lothringen nicht mit diesem Namen belegen, ohne gegen die Definition des Terminus Hemera zu verstoßen.

Im allgemeinen sind die Hemeren BUCKMAN's kürzere Zeitabschnitte als jene, die den Zonen OPPEL's entsprechen. S. S. BUCKMAN¹ zählt vom Abschluß der Epoche des Mittellias (Hemera *spinati*) bis zum Ende des unteren Bathonien (Hemera *fuscae*) 33 Hemeren, mithin ebensoviele als OPPEL Zonen im ganzen Jura.

Wohl aber könnte man mit den Hemeren solche Zeitabschnitte vergleichen, die der Dauer der von DENCKMANN in den Dörntener Schieferu des Oberlias oder von HOFFMANN in der *Murchisonae*-Zone von Sehnde unterschiedenen Subzonen entsprechen. Auch diese Subzonen unterscheiden sich nicht mehr so sehr durch auffallende faunistische Differenzen, als vielmehr durch die Häufigkeitsverhältnisse der einander meist ziemlich nahestehenden leitenden Ammonitenspezies. Auch die auf Grund der vertikalen Verbreitung der Ceratiten im deutschen Muschelkalk von RIEDEL und STOLLEY ermittelten Zeitabschnitte würden vielleicht die Bezeichnung Hemera rechtfertigen.

In seiner Diskussion mit JUKES-BROWN, der den Hemeren² den Wert von Unterabteilungen der Zonen WRIGHT's beilegen wollte, verwahrt sich BUCKMAN gegen eine solche Auffassung, indem er den zeitlichen Wert des Terminus Hemera gegenüber dem räumlichen Wert des Terminus Zone betont. Eher könnte man — meint er — die Zeitdauer einer Zone WRIGHT's einer Hemera gleichsetzen, die Lebensdauer einer Art, Gattung etc. hingegen wäre mit einem besonderen Ausdruck als Biozone zu bezeichnen³.

In der Tat sollte der Terminus „Biozone“ im Sinne BUCKMAN's als vorzüglich geeignet in unserer Literatur stets an Stelle des vieldeutigen Ausdruckes Zone Verwendung finden, wenn es sich um die Lebensdauer einer Art oder einer anderen systematischen Kategorie in der Zoologie, beziehungsweise Botanik handelt.

¹ S. S. BUCKMAN, Certain jurassic strata of South Dorset and their correlation. Quart. Journ. **66**. 1910. p. 55.

² In diesen Irrtum ist auch K. v. ZITTEL (Geschichte der Geologie und Paläontologie. München 1899. p. 677) verfallen.

³ S. S. BUCKMAN, The term „Hemera“. Geol. Mag. New ser. Dec. IV. **9**. London 1902. p. 554—557; **10**. 1903. p. 95, 96.

Dagegen stimme ich JUKES-BROWN in der Verwerfung des Terminus „Hemera“ für die Bezeichnung der Zeitdauer einer OPPEL'schen oder WRIGHT'schen Jurazone bei. Auch wenn man davon absehen wollte, daß BUCKMAN's Hemeren im allgemeinen wesentlich kürzere Zeitabschnitte umfassen, als jene, die den Zonen OPPEL's und WRIGHT's entsprechen, könnte doch schon aus theoretischen Gründen die Zeitdauer einer Zone nicht einer Hemera gleichgesetzt werden, da die Unterscheidung der Zonen sich auf die Faunen stützt, die Hemera dagegen die Blütezeit einer einzigen, auserwählten Art bezeichnet. JUKES-BROWN ist daher im Recht, wenn er als einen chronologischen Terminus, der dem räumlichen Terminus „Zone“ entspricht, die neue Bezeichnung „Saeculum“ in Vorschlag bringt¹.

Aus Prioritätsgründen möchte ich als Ausdruck für den zeitlichen Wert einer Zone die Bezeichnung „Moment“ empfehlen, die schon im Jahre 1881 auf dem II. Internationalen Geologenkongreß in Bologna von Seite des Schweizer Komites für eine Vereinheitlichung der geologischen Nomenklatur vorgeschlagen worden ist². Wäre diese Anregung bereits damals auf fruchtbaren Boden gefallen, so hätte sie uns manche Mißverständnisse erspart.

Der VIII. Internationale Geologenkongreß in Paris hat im Jahre 1900 das im Jahre 1881 begangene Versäumnis gut zu machen versucht. In der Sektion für Stratigraphie und Paläontologie gelangte u. a. auch ein Vorschlag der internationalen Kommission für stratigraphische Klassifikation zur Annahme, es sei als ein dem räumlichen Terminus „Zone“ entsprechender chronologischer Ausdruck die neue Bezeichnung „Phase“ einzuführen³. Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, daß diese Bezeichnung, die schon aus Prioritätsgründen hinter dem Ausdruck „Moment“ zurückstehen müßte, insofern unglücklich gewählt ist, als sie durch ihre Vieldeutigkeit selbst wieder zu Mißverständnissen herausfordert. War schon der Ausdruck „Zone“ von Anfang an mit einer unerwünschten Vieldeutigkeit belastet, so würde dieser Nachteil für den Terminus „Phase“ in noch weit höherem Maße gelten⁴.

¹ A. J. JUKES-BROWN, The term „Hemera“. *Ibid.* **10**. 1903. p. 36—38.

² *Compte-rendu Congrès géol. internat.* 2. session. Bologne 1881. p. 542.

³ *Compte-rendu Congrès géol. internat.* 8. session. Paris 1900. C. R. des séances. p. 157, 203.

⁴ Der Bezeichnung „Phase“ im Sinne des Zeitäquivalents einer Zone bin ich in der geologischen Literatur der letzten fünfzehn Jahre nirgends begegnet.

Erwägung verdienen ferner die Vorschläge von H. S. WILLIAMS, der das Zeitäquivalent zur Bildung einer Formation (im rein lithologischen Sinne) als Geochron, jenes einer Fauna und Flora als Biochron bezeichnet¹. Der zeitliche Wert der Organismen wird ihrem taxonomischen Rang gemäß als monobiochronisch (Individuum), dibiochronisch (Art), tribiochronisch (Gattung), tetrabiochronisch (Familie), pentabiochronisch (Ordnung) bestimmt. Die Lebensdauer einer Art als einer dibiochronischen Einheit nennt WILLIAMS Epoche, jene der Gattung Periode, jene der Familie Ära, jene der Ordnung Eon. Er spricht also von einer *Tropidoleptus carinatus*-epoch, von einer *Paradoxides*-period, von einer *Olenidae*-era und von einem Trilobite-eon².

Um Mißverständnisse zu vermeiden, werde ich mich in Zukunft der folgenden Terminologie bedienen, die soweit als möglich der ursprünglichen Bedeutung der einzelnen Termini und den Prioritätsregeln Rechnung trägt.

Als Zone oder Faunenzone im Sinne OPPEL's, WRIGHT's u. a. bezeichne ich eine aus der Gliederung einer Formation (System), Serie oder Stufe auf Grund der Verteilung der Einzelfaunen ermittelte und durch eine besondere Fauna charakterisierte kleinste Unterabteilung³. Eine solche Zone umfaßt daher das Gebiet der horizontalen und vertikalen Verbreitung jener sich als Einzelfauna darstellenden Vergesellschaftung von Arten⁴. Die Zeitdauer,

¹ H. S. WILLIAMS, The discrimination of time-values in geology. Journal of Geology. 9. Chicago 1901. p. 570—585.

² Den Ausdruck „Hemera“ definiert WILLIAMS als die Zeitdauer einer monobiochronischen Einheit, ausgedrückt durch die Bewahrung aller individuellen Merkmale in Arten einer Lokalfauna, wie sie sich in der Vergesellschaftung der Individuen derselben Spezies mit gleicher Reichhaltigkeit, Größe und Lebenskraft im Gestein zeigt.

³ Eine Unterscheidung zwischen stratigraphischer und paläontologischer Zone (NEUMAYR 1871) scheint mir undurchführbar, da ja die stratigraphische Zone ausschließlich durch paläontologische Merkmale definiert wird.

⁴ Da die Zonen die kleinsten auf Grund faunistischer Untersuchungen feststellbaren Unterabteilungen einer stratigraphischen Einheit höherer Ordnung bilden, so kann die Bezeichnung „Zone“ nicht für solche Einheiten selbst Verwendung finden. In Übereinstimmung mit WOODWARD, FRECH, POMPECKJ u. a. erachte ich daher die von C. WALCOTT (The fauna of the lower Cambrian or *Olenellus*-Zone. X. Ann. Rep. U. S. Geol. Surv. Washington 1890/91. p. 569) für die Hauptabteilungen des Cambriums eingeführten Bezeichnungen: *Olenellus*-Zone etc. nicht für gerechtfertigt. Ebensogut könnte man im Mesozoicum

innerhalb deren die Fauna einer Zone gelebt hat, heißt Moment (Zeitmoment, Zonenmoment). Biozone nenne ich in Übereinstimmung mit BUCKMAN die Lebensdauer einer Art.

Der sonst in der Geologie üblichen chronologischen Terminologie folgend, könnte man noch weiter gehen und die Lebensdauer einer Gattung als Bioepoche¹, einer Familie als Bioperiode etc. bezeichnen². Doch halte ich eine solche Belastung der Terminologie mit neuen Namen für überflüssig, da ja der Terminus „Biozone“ durch die notwendige Hinzufügung eines Spezies-, Genus- oder Familiennamens ohnehin ausreichend erläutert wird.

II. Abschnitt.

Beziehungen des Zeitmoments einer Faunenzone zu der mittleren Dauer einer Mutation der Ammoniten.

Mit dieser präzisen Terminologie ausgerüstet, wollen wir nunmehr an die Prüfung der Frage herangehen, was wir von der Zonen-gliederung für eine Chronologie der geologischen Ereignisse zu von einer *Phylloceras*-Zone sprechen, die dann den ganzen Jura und fast die ganze Kreide umfassen würde.

¹ Nicht „Stufe“, wie WEDEKIND (l. c. p. 35) will, da Stufe als stratigraphischer Terminus für eine Schichtgruppe, also für ein Objekt im Raume zu gelten hat. Stufe bezeichnet eine der Zone übergeordnete Kategorie im stratigraphischen System. E. STOLLEY (Über den oberen Lias und den unteren Dogger Norddeutschlands. Dies. Jahrb. Beil.-Bd. XXVIII. 1909. p. 300, 311, 317, 324) ist daher im Recht, wenn er die ehemaligen Zonen des *Ammonites jurensis* und *Amm. opalinus* auf Grund einer weiteren Unterteilung in Einzelzonen zum Range von Stufen erhebt und es vorzieht, von einer *Jurensis*-Stufe, bezw. *Opalinus* Stufe zu sprechen. Durch die faunistische Dreiteilung der *Opalinus*-Schichten — meint er — „gewinnt deren Gesamtheit den Charakter einer recht umfassenden Stufe. Man wird daher von ihnen nicht mehr als von einer Zone des *Harpoceras opalinum* sprechen dürfen.“ Dagegen widerspricht der Vorgang von KRAUS (Geologie des Gebietes zwischen Ortenburg und Vilshofen in Niederbayern. Geognost. Jahreshfte. 28. München 1915), der an Stelle des OPPEL'schen Zonennamens stets die Bezeichnung Stufe gebraucht, der üblichen Terminologie.

² Die von WILLIAMS vorgeschlagenen Ausdrücke: Epoche, Periode, Ära sind durch die Beschlüsse des II. Internationalen Geologenkongresses in Bologna bereits in einem ganz bestimmten Sinne festgelegt worden, können daher nicht in einem anderen verwendet werden. Man kann nicht die Bezeichnung „Ära“, wie bisher üblich, für das Paläozoicum und zugleich für die Lebensdauer der *Equidae*, zwei Zeiträume, die miteinander in gar keinen Beziehungen stehen, verwenden.

erwarten haben, ob und inwieweit dieselbe uns in den Momenten oder den Biozonen ein Mittel an die Hand gibt, die relative Länge einer Formation zu messen, die dann in einer bestimmten Zahl von Momenten oder Biozonen zum Ausdruck kommen könnte. Das wesentliche Erfordernis ist also die Ermittlung eines chronologischen Einheitsmaßes von stets gleichbleibender (konstanter) Länge, mögen wir nun ein solches im Zonenmoment oder in der Biozone suchen.

Die Zonengliederung im Sinne OPPEL's führt nur zu einer Aneinanderreihung der den einzelnen Zonen entsprechenden Zeitmomente, nicht zu der Ermittlung von Biozonen einer bestimmten Art, insolange wenigstens, als wir uns nicht die vorläufig unbewiesenen Voraussetzungen WAAGEN's und NEUMAYR's über die Beziehungen zwischen Mutation und Zone (genauer: Zonenmoment) zu eigen machen. Denn OPPEL's Zonen sind — dieser Punkt ist wohl zu beachten — Faunenzone. Jede Zone OPPEL's ist paläontologisch mehr oder weniger scharf von den Nachbarzonen geschieden und enthält eine ihr eigentümliche Fauna, d. h. eine Vergesellschaftung von Arten. Es ist die Fauna, nicht die einzelne Art, die eine Zone charakterisiert und zu einer solchen stempelt.

Schon J. MARCOU¹, der sonst mit großer Entschiedenheit für OPPEL gegen D'ARCHIAC in die Schranken getreten ist, hat die Benennung der Zonen nach einem einzelnen Leitfossil als zu Mißverständnissen führend getadelt, weil diese Benennung den Anschein erwecke, als wäre die Aufstellung der Zonen auf eine bestimmte, einzige Art begründet. Ebenso hat K. v. SEEBACH² gegenüber OPPEL die Notwendigkeit betont, nicht die einzelnen Arten, sondern die ganzen Faunen, soweit sie nicht aus persistenten Typen bestehen, bei einer Korrelation der Zonen heranzuziehen. In der Tat kann das Auftreten einer einzelnen Art niemals entscheidend für die Trennung von Zonen sein³. Die Zonen sind nicht nach einzelnen herausgegriffenen Arten, sondern nach den Gesamtfauen bzw. nach den vertikal am wenigsten, dagegen horizontal

¹ J. MARCOU, *Lettres sur les roches du Jura et leur distribution géographique etc.* Paris 1857/60. p. 189.

² K. v. SEEBACH, *Der Hannoversche Jura.* Berlin 1864. p. 2.

³ Gegen eine solche Ansicht hat übrigens OPPEL selbst (Juraformation, l. c. p. 813) direkt Einspruch erhoben.

möglichst weit verbreiteten Elementen in den letzteren zu beurteilen¹.

Die Brauchbarkeit der Zonengliederung kann durch das gelegentliche Hinaufreichen einer sonst für eine bestimmte Zone als leitend erachteten Spezies in die nächstfolgende Zone nicht in Frage gestellt werden. Für die Parallelisierung von zwei faziell gleichartigen Schichtbildungen fällt ja ebenfalls die Übereinstimmung im Faunencharakter viel stärker ins Gewicht als jene von einzelnen, zufällig herausgegriffenen Arten. In der Altersbestimmung einer Fauna muß mehr das Gesamtbild als das sporadische Auftreten einzelner, bisher für geologisch älter oder jünger gehaltener Spezies berücksichtigt werden, selbst wenn es sich bei den letzteren um sogen. Leitfossilien handelt. Diese Rücksicht ist insbesondere zu beachten, wenn Faunen aus Regionen außerhalb jener Entwicklungsgebiete in West- und Mitteleuropa vorliegen, die wir uns deshalb als typisch anzusehen gewöhnt haben, weil sie uns am genauesten bekannt geworden sind.

Der Charakter der OPPEL'schen Jurazonen als Faunenzonen ist nicht nur von ihrem Autor, sondern auch von dessen Nachfolgern wiederholt betont worden, insbesondere von TATE², der Zone und Fauna als identische Begriffe ansah, aber auch von WAAGEN und NEUMAYR, die OPPEL's Methode der Zonengliederung unverändert übernommen haben. Es sei hier nochmals an NEUMAYR's Auffassung der OPPEL'schen Zonenreihe als „Summe der in der mitteleuropäischen Provinz beobachteten Entwicklungsstadien der marinen Juraformation“ erinnert. Ganz analog definiert auch E. v. MOJ-SISOVICS die Zone als die Entwicklungsphase einer Einzelfauna. In einer seiner ersten zusammenfassenden Arbeiten über die ost-

¹ Ein warnendes Beispiel für die Unzulässigkeit der Errichtung von Zonen auf Grund des häufigen Vorkommens einer einzelnen Art bietet die Geschichte der Zone der *Terebratula Aspasia*. Seit die große vertikale Verbreitung dieser Spezies und ihrer Begleitformen im alpinen Lias festgestellt worden ist, kann von einer stratigraphischen Zone der *Terebratula Aspasia* nicht länger die Rede sein. Der Versuch, im Lias Zonen auf Brachiopodenfaunen zu begründen, ist damit wohl überhaupt als gescheitert anzusehen. Vergl. V. UHLIG, Über die liassische Brachiopodenfauna von Sospirolo. Sitzungsber. kais. Akad. d. Wiss. Wien. 80. 1879. p. 266.

² „A zone signifies an assemblage of species, and not the range of an Ammonite.“ Quart. Journ. Geol. Soc. London. 23. 1867. p. 300.

alpine Trias¹ hebt er hervor, daß nur die Einzelfaunen (Zonen OPPEL's) von absolutem Wert in Beziehung auf die Einteilung und stratigraphische Gliederung seien, alle übrigen Zusammenfassungen zu Einheiten höherer Ordnung hingegen künstlich und willkürlich. In seinem Werke über die Dolomitriffe von Südtirol heißt es: „Die paläontologischen Zonen, welche wir als die einzelnen Entwicklungsphasen isotopischer und isopischer Faunen und Floren bezeichnen können, entsprechen allein den Erfordernissen chronologischer Einheiten. Sie sind gleichwertige, untereinander vergleichbare Größen. Durch die chronologische Interpretation und durch die Berücksichtigung des phylogenetischen Moments wird das subjektive Ermessen des einzelnen Forschers erheblich beschränkt und eine Diskussion auf fester Basis ermöglicht“².

Einfacher und bescheidener drücken E. v. MOJSISOVICS, W. WAAGEN und C. DIENER³ diesen Gedanken in ihrem Entwurf einer Gliederung der pelagischen Sedimente des Triassystems aus, wenn sie es als die Aufgabe der Zonengliederung bezeichnen, die Altersunterschiede zwischen verschiedenen Faunen zu fixieren und so einen chronologischen Wertmesser bei einem Vergleich der jene Faunen umschließenden Sedimente zu gewinnen. In seinem Entwurf einer Zonengliederung der Oberkreide hat A. DE GROSSOUVRE⁴

¹ E. v. MOJSISOVICS, Faunengebiete und Faziesgebilde der Triasperiode in den Ostalpen. Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst. 1874. p. 87.

² E. v. MOJSISOVICS, Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien. Wien 1879. p. 16.

³ E. v. MOJSISOVICS, W. WAAGEN, C. DIENER, Entwurf einer Gliederung der pelagischen Sedimente des Triassystems. Sitz.-Ber. k. Akad. d. Wiss. Wien. 104. 1895. p. 1276.

⁴ A. DE GROSSOUVRE, Recherches sur la craie supérieure. I. Stratigraphie générale. 1901. p. 25—27.

Die Ansichten, die A. DE GROSSOUVRE in dieser Arbeit ausspricht, weichen von jenen in seiner zehn Jahre älteren Abhandlung „Sur le Callovien de l'ouest de la France et sur sa faune“ (Bull. Soc. géol. France. 3 sér. 19. 1891) nicht unerheblich ab. Dort wird dem Zonenbegriff vom Autor nur der Wert einer Abstraktion beigelegt, der keiner realen Grundlage entspricht. „Es gibt“ — heißt es dort (p. 249) — „keine Zonen, das will sagen, Schichtgruppen, die durch eine bestimmte, von jener der Nachbarzonen stets streng unterschiedene Fauna charakterisiert sind. In der Natur sind die Fossilien niemals so genau auf die ihnen angewiesenen Zonen beschränkt wie in den Schubladen unserer Sammlungen. Es gibt Lager, deren Fauna eine Zwischenstellung zwischen zwei Zonen einnimmt, und es gibt daher keine wirklich für eine bestimmte Zone oder Stufe bezeichnende Fauna.“

die Bedeutung des Faunencharakters, nicht einer einzelnen Art, für die Zerlegung einer Stufe in Zonen so klar zum Ausdruck gebracht, daß seine Worte hier wiedergegeben zu werden verdienen.

In der Stratigraphie — sagt er — nennt man gewöhnlich eine paläontologische Zone einen Komplex von Schichten, der durch eine bestimmte Fauna charakterisiert ist. Sie bildet die stratigraphische Einheit. Aus mehreren Zonen setzt sich eine Stufe zusammen. So umfaßt die Stufe des Callovien die Zonen des *Ammonites macrocephalus*, *Amm. anceps* und *Amm. athleta*. Im strengen Sinn des Wortes hat man unter dieser Angabe zu verstehen, daß die Stufe des Callovien an ihrer Basis eine Anzahl von Schichten darbietet, die die Fauna der Zone des *Amm. macrocephalus* enthalten, darüber eine zweite Gruppe von Schichten mit der Fauna der Zone des *Amm. anceps*, als Abschluß endlich eine letzte Schichtgruppe mit der Fauna der Zone des *Amm. athleta*. Man kann eine solche Zone, die einem Niveau oder Horizont der Schichtserie entspricht, dem Beispiele OPPEL's folgend, nach einem Leitfossil benennen, aber nur mit der Reservatio mentalis, daß jenes Fossil nicht streng auf die betreffende Zone beschränkt zu sein braucht. Denn ein stratigraphischer Horizont wird nicht bezeichnet durch eine bestimmte einzelne Art, sondern durch eine bestimmte Vergesellschaftung von Arten. Die Namengebung nach einem einzelnen Fossil darf daher nur eine Abkürzung bedeuten. So verstehen wir unter dem Niveau oder der Zone des *Amm. macrocephalus* einen Horizont, charakterisiert durch eine Faunengesellschaft, in der sich auch dieser Ammonit befindet, aber keineswegs einen Horizont, der der Vertikalverbreitung des *Amm. macrocephalus* entsprechen möchte.

Wenngleich zur Charakterisierung einer Zone die Fauna derselben, nicht eine einzelne Spezies, herangezogen werden muß, so ist doch die Bewertung der verschiedenen Komponenten dieser Fauna für die Zoneneinteilung mit Recht eine sehr ungleiche. Das Studium aufeinanderfolgender Faunen aus faziell gleichartigen Sedimenten lehrt uns eine weitgehende stratigraphische Indifferenz der einen gegenüber einer hochgradigen stratigraphischen Empfindlichkeit einer anderen Tiergruppe kennen. Da sich die Zonengliederung auf einer Untersuchung der Veränderungen der organischen Welt aufbaut, so muß man bei derselben naturgemäß jene Tiergruppen bevorzugen, die sich am raschesten verändern,

bezw. solche, deren Veränderungen uns an ihren erhaltungsfähigen Hartteilen am leichtesten wahrnehmbar sind.

Bei einem Versuch, eine Formation oder Stufe durch die Aufsuchung der einzelnen Faunen zu gliedern, werden wir befriedigende Resultate nur dann erzielen, wenn wir zunächst von den Faunen faziell gleichartiger Sedimente ausgehen. Zwei faziell ungleichartige (heteropische), wenn auch gleichzeitig erfolgte Ablagerungen brauchen kein einziges gemeinsames Fossil zu besitzen. Andererseits können zwei verschiedenalterige Ablagerungen, die sich aber unter gleichen physikalischen Bedingungen gebildet haben, einander so ähnliche Faunen aufweisen, daß es großer Sorgfalt bedarf, um ihre Altersverschiedenheit zu erkennen. Die Ähnlichkeiten solcher Faunen werden aber um so stärker hervortreten, je größer die Zahl von stratigraphisch indifferenten, nur langsam und in geringem Maße abändernden Elementen in ihnen ist, aus denen sich kein Anhaltspunkt für das Alter gewinnen läßt. Eine geeignete Basis für eine Zonengliederung geben daher nur Sedimente von möglichst gleichartiger Beschaffenheit, weiter horizontaler Verbreitung und mit einer Fauna, in der rasch abändernde, stratigraphisch empfindliche Tiergruppen eine hervorragende Rolle spielen. Das sind banale, jedem, der auf dem Gebiet der Biostratigraphie gearbeitet hat, bekannte Wahrheiten, die man gleichwohl nicht oft genug wiederholen kann, wenn es gilt, Aufgaben, Grenzen und Erfolge der Zonengliederung ins richtige Licht zu stellen.

Für die Trennung von Einzelfaunen zur Ermittlung der Zonen kommen je nach der Zusammensetzung der Faunen diejenigen Tiergruppen in erster Linie in Betracht, die sich am schnellsten verändern, mithin stratigraphisch am meisten empfindlich sind. Da die Entwicklung der einzelnen Tiergruppen in einem sehr verschiedenen Tempo vor sich geht, so fällt die Zonengliederung sehr verschieden aus, je nachdem man sich auf das eine oder andere Element stützt.

In der oberen Kreide Frankreichs hat TOUCAS¹ vom Angoumien (Oberturon) bis zur Unterkante des Danien acht Hippuritenhorizonte und ebensoviele Radiolitenzonen unterschieden. Eine Zonen-

¹ A. TOUCAS, Etudes sur la classification et l'évolution des Hippurites. Mém. Soc. géol. France, Paléontol. No. 30. 1903. — Etudes sur la classification et l'évolution des Radiolitidés. Ibid. No. 36. 1907.

einteilung auf Grund dieser beiden Rudistenfamilien liefert also gut übereinstimmende Ergebnisse. Dagegen korrespondieren diese Rudistenzonen schon nicht mehr mit den Ammonitonzonen, deren A. DE GROSSOUVRE¹ innerhalb des gleichen Zeitabschnittes elf unterscheidet. Ebensowenig stimmen A. DE GROSSOUVRE's vierzehn Ammonitonzonen der Oberkreide mit den siebzehn Seeigelzonen, in die LAMBERT² die obere Kreide des Pariser Beckens im Departement Yonne zerlegt. Viel schärfer noch ist der Kontrast der auf Ammonitenfaunen einerseits und Seeigelzonen andererseits begründeten Zoneneinteilung der Unterkreide. Den vier Seeigel- und Pachyodontenzonen PAQUIER's stehen hier fünfzehn Cephalopodenzonen KILIAN's gegenüber. Die auf den beiden erstgenannten Tiergruppen beruhende Zonengliederung besitzt daher bei weitem nicht die Feinheit derjenigen, die sich auf die Faunenfolge der auch horizontal weiter und universeller verbreiteten Ammoniten stützt.

WERNER's³ Untersuchungen über die Belemniten des schwäbischen Lias zeigen, daß eine Zoneneinteilung auf Grund dieser Cephalopodenordnung ganz andere Ergebnisse liefern würde als jene auf Grund der Ammoniten, da die weitaus meisten Lias- und Doggerbelemniten eine längere Lebensdauer besaßen, stratigraphisch minder empfindlich waren. Ebensowenig erzielt man im älteren Paläozoicum übereinstimmende Resultate, wenn man auf der einen Seite Graptolithen, auf der anderen Trilobiten bei einer Zoneneinteilung benützt. Das Untersilur von Wales läßt sich in sechs Trilobitenzonen gliedern, deren jede durch eine besondere Art des Genus *Trinucleus* bezeichnet wird. Dagegen gestattet das Untersilur von Schonen nach MÖBERG die Unterscheidung von fünfzehn Graptolithenzonen, von denen LAPWORTH zehn auch in Schottland nachweisen konnte.

Nach diesen Erfahrungen wird es wohl niemandem ernstlich in den Sinn kommen, in den Zeitmomenten, die sich aus einer auf verschiedenartige Tiergruppen basierten Zoneneinteilung ergeben, Zeiteinheiten von gleicher Dauer sehen zu wollen, die als ein all-

¹ A. DE GROSSOUVRE, Recherches sur la craie supérieure. I. Stratigraphie générale. 1901.

² J. LAMBERT, Note sur la craie du dép. de l'Yonne. Bull. Soc. géol. France. 3 sér. 7. 1879. p. 202. 10. 1882. p. 427.

³ E. WERNER, l. c. Palaeontographica. 59. 1913. p. 142.

gemein gültiges Einheitsmaß Verwendung finden könnten¹. So wird man selbstverständlich von einer Gleichsetzung der Werte des Zeitmoments des *Agnostus laevigatus* in TULLBERG's Zonengliederung des Mittelcambriums von Schonen, des *Linograptus tenuis* in der Gliederung des wallisischen Obersilurs von LAPWORTH, des *Spirifer speciosus* in jener des Unterdevons von FRECH, des *Oxynoticeras oxynotus* in OPPEL's Juraeinteilung oder einer der sieben Nummulitenzonen DOUVILLÉ's im aquitanischen Alttertiär absehen müssen.

Damit ist die Möglichkeit abgeschnitten, eine für alle Formationen gültige Maßeinheit für die Dauer geologischer Ereignisse mit Hilfe der Zonengliederung zu gewinnen. Auf eine direkte Abmessung relativer Zeitlängen im älteren Paläozoicum mittelst eines aus den mesozoischen Faunen gewonnenen Maßstabes z. B. wird jedenfalls Verzicht zu leisten sein. Immerhin bleibt noch ein weiter Spielraum für die Anwendung eines chronologischen Einheitsmaßes, dem beispielsweise eine vertikal so weit verbreitete und stratigraphisch hochempfindliche Tiergruppe wie die Ammoniten zugrunde gelegt werden könnte. Es soll fernerhin in dieser Abhandlung nur von den Ammonitenfaunen und von den auf diese begründeten Zonengliederungen die Rede sein und untersucht werden, inwieweit diese wenigstens zur Ermittlung des ersehnten Einheitsmaßes geeignet erscheinen.

Eine weitere Beschränkung der Gültigkeit des aus der Einteilung einer Formation in Faunenzonen zu ermittelnden Einheitsmaßes ergibt sich aus der Tatsache, daß eine und dieselbe Aufeinanderfolge von Ammonitenfaunen, wie sie in der Zonengliederung ihren Ausdruck findet, zwar in weit voneinander entfernten Gegenden wiederkehrt, daß wir dagegen in anderen Meeresräumen andere Entwicklungsarten der Faunen treffen, daß in verschiedenen Faunenreichen oder zoogeographischen Provinzen andere Grup-

¹ So sind beispielsweise die 46 Zonen, in die A. GAUDRY (Les enchainements du monde animal. Terr. second. Paris 1890. p. 11) den französischen Jura von der *Murchisonae*-Zone aufwärts auf Grund der Lokalgliederungen verschiedener Geologen eingeteilt hat, gewiß nicht gleichwertig, ebensowenig die Zonen, in die JUKES-BROWN (The cretaceous rocks of Britain. Mem. Geol. Surv. of the United Kingdom. 1. 1900; 2. 1903; 3. 1904) die mittlere und obere Kreide Englands gliedert hat. Bei dieser Zoneneinteilung sind die verschiedensten Tiergruppen, wie Crinoiden, Seeigel, Brachiopoden, Bivalven, Belemniten und Ammoniten kunterbunt durcheinander verwertet worden.

pierungen der Fossilien zur Beobachtung gelangen. Mit Recht hat daher schon NEUMAYR die Forderung aufgestellt, die Zonenfolge für jede tiergeographische Region gesondert zu ermitteln¹.

Vergleichen wir z. B. die Reihenfolge der Ammonitenfaunen in der Unterkreide Südfrankreichs und Norddeutschlands an der Hand der sehr detaillierten Zonengliederungen, zu denen KILIAN² in dem einen, A. v. KOENEN³ in dem anderen Gebiete innerhalb des letzten Jahrzehnts gelangt sind, so wird uns die Notwendigkeit eines solchen Verfahrens auf den ersten Blick einleuchten. Den drei Ammonitenzonen des südfranzösischen Valangien entsprechen in Norddeutschland vier (mit Ausschluß des Berriasien)⁴, hingegen den vier französischen des Hauterivien drei norddeutsche Ammonitenzonen. Während Barrémien und Aptien in Frankreich nur eine Teilung in je zwei Zonen zulassen, folgen im Barrémien Norddeutschlands fünf, im Aptien drei gesonderte Ammonitenfaunen übereinander. Wenn einer und derselbe Zeitraum, z. B. jener des Barrémien, in Norddeutschland auf Grund der Ammonitenfaunen in fünf, in Frankreich hingegen nur in zwei Abschnitte zerlegt werden kann, so müssen selbstverständlich die in beiden Gebieten auf Grund der gleichen Methode ermittelten Zeitabschnitte ungleiche Größe besitzen. Die den norddeutschen und südfranzösischen Ammonitenzonen der Unterkreide entsprechenden Zeitmomente sind daher nicht miteinander vergleichbare Größen. Ein aus einer Zonengliederung einer Formation gewonnenes Einheitsmaß könnte demnach im besten Falle nur innerhalb jenes tiergeographischen Reiches Geltung haben, für das sich jene Gliederung als durchführbar erwiesen hat⁵.

¹ Auf diese Notwendigkeit hat später insbesondere BLAKE (Sur la distribution des fossiles non seulement en zones mais aussi en provinces. C. R. Congrès géol. internat. VII. St. Pétersbourg. 1897. p. 175) hingewiesen.

² W. KILIAN, Unterkreide (Paläocretacium). Lethaea mes. III. 1. 1907. 1913.

³ A. v. KOENEN, Die Ammoniten des norddeutschen Neocom. Abhandl. Kgl. Preuß. Geol. Landesanst. Berlin. N. F. No. 24. 1902. p. 38.

⁴ Nach einer späteren Publikation A. v. KOENEN's (Die *Polyptychites*-Arten des unteren Valanginien. Ibid. No. 59. 1909) gar fünf Zonen.

⁵ Bei einem Vergleich der Faunenfolge in zwei verschiedenen tiergeographischen Regionen ist wohl darauf zu achten, ob eine Verschiedenheit in der Zahl der Faunen — somit auch der denselben entsprechenden Zonen — nicht etwa bloß in der Lückenhaftigkeit des für eine jener beiden Regionen zur Ver-

Treten wir also unter diesen Einschränkungen an NEUMAYR's Versuch heran, aus dem Zeitmoment als der Dauer einer OPPEL'schen Jurazone ein Einheitsmaß für die relative Zeitdauerbestimmung der Perioden innerhalb der mesozoischen Ära zu ermitteln! Der Wert des Zeitmoments als Einheitsmaß beruht auf der Voraussetzung einer gleich langen Lebensdauer des stratigraphisch wichtigsten Teiles der Meeresfauna einer jeden Jurazone, und diese Voraussetzung stützt sich wieder auf die angeblich empirisch festgestellte Tatsache, daß die Dauer der Mutationen aus verschiedenen Formenreihen der Ammoniten im Durchschnitt die gleiche, der Bildungszeit einer Zone entsprechend sei.

Die von NEUMAYR als sehr merkwürdig bezeichnete Tatsache, „daß die OPPEL'schen Zonen des Jura chronologisch die mittlere Dauer einer Mutation der verbreitetsten marinen Tiere, speziell der Cephalopoden, darstellen“, konnte im Jahre 1878 durch sieben Formenreihen gestützt werden, nämlich durch die von WAAGEN ermittelten Formenreihen des *Ammonites subradiatus* und *Amm. gonicularis*, ferner durch die vier *Phylloceras*-Formenreihen und die Formenreihe des *Aspidoceras perarmatum* NEUMAYR's. Die letzteren durften aber in diesem Falle kaum oder wenigstens nur sehr bedingt herangezogen werden, da die überwiegende Mehrzahl der Arten nur aus Ablagerungen von alpinem Typus bekannt war, die eine sichere Einreihung in das mitteleuropäische Zonenschema noch nicht gestatteten.

Gleich aus der ersten Formenreihe NEUMAYR's, jener des *Phylloceras heterophyllum*, liegt nur diese Art selbst sowohl aus dem mitteleuropäischen als dem alpinen Oberlias vor, die acht übrigen sind dem mediterranen Jura eigentümlich. Unter diesen ist mindestens eine, *Ph. plicatum* NEUM., keineswegs auf eine einzige Zone beschränkt, sondern sowohl im oberen Kelloway als

fügung stehenden Fossilmaterials begründet erscheint. So kennen wir aus der unteren Trias der Ostalpen bis heute nur eine einzige Ammonitenfauna, jene der Zone des *Tirolites cassianus*, während uns aus der Untertrias Ostindiens bereits vier altersverschiedene Ammonitenfaunen vorliegen. Gleichwohl wäre es ein Irrtum, zu behaupten, daß den vier skythischen Ammonitenzonen des Himalaya in den Alpen nur eine einzige entspreche. Denn diese letztere liegt in einem sehr hohen Niveau der alpinen Untertrias, während in dem ganzen Komplex der Seiser Schichten Cephalopoden überhaupt nicht vorkommen. In der Unterkreide Südfrankreichs und Norddeutschlands bestehen jedoch ähnliche Lücken in unserer Kenntnis der Cephalopodenfaunen nicht.

im Oxford zu treffen. Die zweite Formenreihe, jene des *Ph. tatricum*, besteht durchaus aus Angehörigen des alpin-mediterranen Jura. Auch hier kommt wieder eine Art, *Ph. euphyllum* NEUM., in den Macrocephalenschichten des Salzkammergutes und im Oxford der Klippe von Czetechowitz vor. Ein wenig besser steht es mit den Arten der dritten Formenreihe, jener des *Ph. Capitanei*. Nur die Hälfte sind mediterrane Typen. Unter den fünf übrigen, auch in Mitteleuropa vorkommenden Arten ist *Ph. Puschi* OPP. im Kelloway und unteren Oxford, *Ph. Manfredi* in der *Cordatus-* und *Transversarius-Zone*, *P. Nilssoni* HEB. im Oberlias und unteren Dogger, in dem letzteren mit den beiden von PRINZ unterschiedenen Mutationen *altisulcata* und *mediojurassica*, zu Hause. Die vierte Formenreihe endlich, jene des *Ph. ultramontanum*, enthält unter fünf jurassischen vier mediterrane Arten, darunter das durch seine Langlebigkeit bemerkenswerte *Ph. mediterraneum* NEUM., das von den Klaus-Schichten (Bathonien) bis ins Tithon unverändert hinaufgeht.

Die Gruppierung der jurassischen Phylloceren in vier Formenreihen nach dem Entwurfe NEUMAYR's ist von den meisten Ammonitenforschern, die sich mit dieser Gattung eingehender befaßt haben, so von POMPECKJ, VACEK, VADASZ u. a. angenommen worden. PRINZ¹, der ebenfalls an derselben festhält, hat die Zahl der Spezies für mehrere Reihen beträchtlich erweitert, ohne freilich Niveaubestimmungen vornehmen zu können, die über die Stufenbezeichnungen: Mittlerer Lias, Oberer Lias, Unterer Dogger hinausgehen würden. NEUMAYR's *Phylloceras*-Reihen dürfen daher, selbst wenn man ihre einzelnen Glieder als Mutationen im Sinne WAAGEN's anerkennen wollte, nicht als Beweise für die Behauptung verwendet werden, daß jeder OPPEL'schen Jurazone eine bestimmte Mutation entspricht, die dieser Zone allein eigentümlich ist und nicht über dieselbe hinausgeht. Sie dürfen es um so weniger, als NEUMAYR selbst einen Widerspruch in dem Verhalten gegen diese Regel mindestens für zwei Formen aus der Reihe des *Phylloceras heterophyllum*, nämlich für *Ph. isotypum* und *Ph. saxonicum*, zugeben mußte, die, obschon verschieden hoch entwickelte Mutationen jener Formenreihe, doch in den *Acanthicus*-Schichten gleichzeitig auftreten und wieder erlöschen².

¹ G. PRINZ, Die Fauna der älteren Jurabildungen im nordöstlichen Bakony. Mitteil. aus d. Jahrb. d. Ungar. Geol. Reichsanst. 15. 1904. p. 26.

² M. NEUMAYR, Jurastudien III. l. c. p. 315.

Noch weniger beweiskräftig ist NEUMAYR's Formenreihe des *Aspidoceras perarmatum*¹. Die einzelnen Mutationen, die NEUMAYR in derselben vereinigt, verteilen sich durchaus nicht gleichmäßig auf bestimmte Einzelzonen, abgesehen davon, daß auch in diesem Falle wieder bei den meisten Arten die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Zone überhaupt nicht festgestellt werden kann.

Als wichtigste, man könnte sagen, als einzige Stütze jener oben zitierten Behauptung NEUMAYR's bleiben also die beiden Formenreihen, die WAAGEN im Jahre 1869 aufgestellt und an denen er das Wesen der Mutationen als konstanter, aber zeitlich aufeinander folgender und einander ablösender Abänderungen einer Stammform erläutert hat. Beide Formenreihen stellen sich nach WAAGEN folgendermaßen dar:

| Zone | Formenreihe des | |
|--|--------------------------|-------------------------|
| | <i>Amm. subradiatus</i> | <i>Amm. genicularis</i> |
| d. <i>Amm. athleta</i> | <i>Amm. bicostatus</i> | <i>Amm. Baugieri</i> |
| d. <i>Amm. macrocephalus</i> | <i>Amm. subcostarius</i> | <i>Amm. conjungens</i> |
| d. <i>Amm. aspidoides</i> | <i>Amm. aspidoides</i> | <i>Amm. serrigerus</i> |
| d. <i>Amm. ferrugineus</i> | <i>Amm. fuscus</i> | <i>Amm. subfuscus</i> |
| d. <i>Amm. Humphriesianus</i> und <i>Amm. Parkinsonii</i> | <i>Amm. subradiatus</i> | <i>Amm. genicularis</i> |

Von diesen Mutationen nimmt WAAGEN an, daß sie an den verschiedensten Punkten Europas zu gleicher Zeit erscheinen und daß jede derselben auf eine bestimmte Zone beschränkt sei, wie das ja im Wesen einer Mutation liegt, sofern wir uns WAAGEN's Auffassung zu eigen machen.

Leider kann die wichtigere der beiden Formenreihen WAAGEN's, jene der *Oppelia subradiata*, nach unseren heutigen Erfahrungen nicht mehr aufrecht erhalten werden. Es hat sich vielmehr gezeigt, daß schon in tieferen Zonen dieselben Arten — wenn man will, als Variationen — auftreten, die später als Mutationen für jüngere Zonen bezeichnend sein sollen, mit anderen Worten, daß es sich in der Praxis als unmöglich erweist, Variationen und Mutationen

¹ M. NEUMAYR, Die Fauna der Schichten mit *Aspidoceras acanthicum*. Abhandl. k. k. Geol. Reichsanst. Wien. V/6. 1873. p. 191.

auseinander zu halten¹. So erscheint, wie zuerst A. DE GROSSOUVRE², später F. FAVRE³ gezeigt haben, *Oppelia aspidoides* bereits im französischen Bajocien, zusammen mit *Opp. subradiata*. Auch wenn man die von FAVRE zu *O. aspidoides* gestellte Form des Bajocien von der Bathform abtrennen wollte, müßte man zum mindesten zugeben, daß *O. subradiata*⁴ nicht länger deren Stammform bleiben kann. Im unteren Bathonien von Franken hat L. REUTER⁵ *Oppelia aspidoides* in großen Mengen zusammen mit *Oppelia fusca* in einer nur 15—20 cm mächtigen Kalkbank gefunden, die eine Fauna des Unterbath (SCHLOENBACH's Zone der *Parkinsonia ferruginea*) enthält. Auch bei Lechstädt kommen nach J. ROEMER⁶ *Oppelia fusca* und *O. aspidoides* in derselben Schicht (Zone d. *O. fusca*, Unterbath) vor. Vom Galgenberg bei Hildesheim zitiert H. MENZEL⁷ *O. fusca* und *O. aspidoides* aus der Zone der *O. aspidoides* (Oberbath), wobei er allerdings angibt, daß *O. fusca* zumeist ein wenig tiefer liege als die zweite Art.

Wenn man mit OPPEL, WRIGHT und WAAGEN die Grenze zwischen Bajocien und Bathonien, den Forderungen des Prioritätsgesetzes entsprechend, über der Oberkante des *Parkinsonii*-Bettes OPPEL's zieht, so muß man zugeben, daß *Oppelia aspidoides* auch im nordschweizerischen Jura gleichzeitig mit *O. subradiata* bereits

¹ Vergl. O. WEPFER, Die Gattung *Oppelia* im süddeutschen Jura. Palaeontographica. **59**. 1911. p. 41.

² A. DE GROSSOUVRE, Etudes sur l'étage Bathonien. Bull. Soc. géol. France. 3 sér. **16**. 1888. p. 368.

³ F. FAVRE, Sur la coexistence d'*Oppelia subradiata* Sow. et d'*O. aspidoides* OPP. dans le Bajocien et le Bathonien. C. R. somm. Soc. géol. France. 1909. p. 70. — C. R. Acad. sci. Paris. **152**. 1911. p. 1069. — Contribution à l'étude des *Oppelia* du Jurassique moyen. Mém. Soc. Paléont. Suisse. **38**. 1912. p. 10.

⁴ *Oppelia subradiata* selbst kommt nach E. v. HOCHSTETTER (Die Klippe von St. Veit bei Wien. Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst. **47**. 1897. p. 126) in der Klippe von St. Veit sowohl im mittleren als im oberen Bajocien (Zone des *Stephanoceras Humphriesianum* = HAUG's Zone d. *Witchellia Romani*, und Zone des *Cosmoceras subfurcatum* ZIET.) vor.

⁵ L. REUTER, Die Ausbildung des oberen Braunen Jura im nördlichen Teile der Fränkischen Alb. Geognost. Jahreshfte. München. **20**. 1907, p. 68.

⁶ J. ROEMER, Die Fauna der *Aspidoides*-Schichten von Lechstädt bei Hildesheim. Hannover 1911. p. 3.

⁷ H. MENZEL, Der Galgenberg und das Vorholz bei Hildesheim. Dies. Jahrb. 1902. I. p. 44.

im obersten Bajocien erscheint. Sie liegt dort nach M. MÜHLBERG¹ sowohl im *Ferrugineus*-Oolith, der obersten Schicht des Hauptrogensteins, der das obere Bajocien vertritt, als auch in den den *Ferrugineus*-Oolith überlagernden *Varians*-Schichten von MOESCH. Ein Äquivalent der Hauptmasse der *Varians*-Schichten, die von OPPEL, WAAGEN und MÜHLBERG in die Bathstufe gestellt werden, ist im Oberjura der Nordwestschweiz der Calcaire roux sableux, der nach LEE² noch die Ammonitenfauna der Bajocienzone des *Cosmoceras* (*Garantiana*) *Garantianum* enthält. Für LEE beginnt daher die Bathstufe erst mit den noch jüngeren Marnes de Furcil, die ROLLIER bereits zum Callovien gerechnet hat, die aber nach H. SCHARDT's überzeugenden Ausführungen sicherlich noch in das Bathonien gehören³.

Aus LEE's Parallelisierung des Calcaire roux mit dem obersten Bajocien ergibt sich ein Herabsteigen der *Oppelia aspidoides* im schweizerischen Jura bis in die Zone des *Cosmoceras Garantianum*, um so mehr, als das Gebiet der Hauptverbreitung dieser Spezies im Aargauer Jura nach MÜHLBERG (l. c. p. 322) nicht in den *Varians*-Schichten, sondern schon in dem tieferen *Ferrugineus*-Oolith sich befindet. Andererseits wird von CLERC⁴ unter den Leitfossilien des Calcaire roux auch *Oppelia subradiata* beschrieben. *O. subradiata* und *O. aspidoides* erscheinen daher auch im schweizerischen Jura in Schichten gleichen Alters.

Auch an Lokalitäten, wo *O. fusca* nicht in den gleichen Schichten mit *O. aspidoides* auftritt, gehört sie keineswegs zu den niveaubeständigen Arten. In Polen geht sie nach den Untersuchungen B. v. REHBINDER's⁵ gar durch drei Zonen des Bajocien und Batho-

¹ M. MÜHLBERG, Vorläufige Mitteilung über die Stratigraphie des Braunen Jura im nordschweizerischen Juragebirge. *Eclogae Geol. Helvet.* **6**. No. 4. 1900. p. 315.

² G. LEE, Contribution a l'étude strat. et paléontol. de la chaîne de Faucille. *Mém. Soc. Paléontol. Suisse.* **32**. 1905. p. 11.

³ H. SCHARDT, Der Parallelismus der Stufen im zentralen und südlichen Juragebirge. *Eclogae Geol. Helvet.* **8**. 1905. p. 452.

⁴ M. CLERC, Etude monograph. des fossiles du Dogger de quelques gisements classiques du Jura Neuchatelois et Vaudois. *Mém. Soc. Paléontol. Suisse.* **30**. 1904. p. 16.

⁵ B. v. REHBINDER, Die mitteljurassischen eisenerzführenden Tone längs dem südwestlichen Rande des Krakau—Wieluner Zuges in Polen. *Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges.* **65**. 1913. p. 330.

nien hindurch (Zone der *Parkinsonia Parkinsonii* Sow., der *P. compressa* QUENST. und des *Perisphinctes tenuiplicatus* BRAUNS).

Eine dritte der angeblichen Mutationen der *Oppelia subradiata*, *O. subcostaria*, erreicht allerdings in Übereinstimmung mit WAAGEN's Voraussetzungen ihre größte Verbreitung und Akme in der *Macrocephalus*-Zone des Kelloway, aber schon A. DE GROSSOUVRE erwähnt sie auch aus der *Anceps*-Zone des Poitou und R. DOUVILLÉ¹ erklärt sie mit guten Gründen für identisch mit *Oppelia inconspicua* LOR. aus dem Oxford. In Franken verbindet sie nach den Mitteilungen REUTER's (l. c. p. 81) die beiden Zonen des *Macrocephalites macrocephalus* und des *Cosmoceras Jason*.

Andere Formenreihen, die in neuerer Zeit aufgestellt worden sind, ergeben kaum bessere Resultate. So verteilen sich die von PRINZ² unterschiedenen neun Mutationen des *Hammatoceras subinsigne* OPP. ebensowenig als die sechs Mutationen des *Harpoceras (Ludwigia) Murchisonae* Sow. auf eine entsprechende Anzahl bestimmter Zonen.

Nach unseren heutigen Erfahrungen scheint überhaupt die Ablösung einer Stammform durch immer neue, in regelmäßigen Intervallen sich einstellende Mutationen in der phylogenetischen Entwicklung der Ammoniten keineswegs eine so hervorragende Rolle zu spielen, wie das WAAGEN und NEUMAYR vermuteten. Häufiger scheint die Stammform eine Reihe von Zonen hindurch zu persistieren und gelegentlich zu schwarmartigen Ablösungen neuer Mutationen Veranlassung zu geben, ohne gleichwohl selbst zu erlöschen. Auf ein ausgezeichnetes Beispiel dieser Art phylogenetischer Entwicklung hat kürzlich R. MODEL³ aufmerksam gemacht. *Cosmoceras Jason* REIN., das sonst im Ornatenton erst über den Macrocephalenschichten aufzutreten pflegt, erscheint in den phosphoritischen Gesteinen von Heiligenstadt im Fränkischen Jura bereits in der Zone des *Macrocephalites macrocephalus*. Auch in den Geoden von Borgloh hat SPULSKI⁴ *Cosmoceras Jason* in

¹ R. DOUVILLÉ, Esquisse d'une classification phylogénétique des Oppelliidae. Bull. Soc. géol. France. sér. 4. 13. 1913. p. 66.

² G. PRINZ, l. c. p. 75, 113.

³ R. MODEL, Mitteilungen über neue faunistisch-stratigraphische Beobachtungen im Jura Frankens. Erlangen 1916. p. 42, 57.

⁴ Geologie der Gegend von Borgloh und Holte. II. — Jahresber. d. Niedersächsischen Geol. Ver. Hannover 1909. p. 13.

Gesellschaft der bezeichnenden Ammoniten jener Zone (*Macrocephalites macrocephalus*, *Kepplerites Gowerianus*) gefunden. In der Oberregion des mittleren Kelloway von Franken wird *Cosmoceras Jason* nach REUTER¹ von der Gruppe des *C. Castor* und *C. Pollux* abgelöst. Hier und in der Zone des *C. ornatum* (oberes Kelloway) ist die Stammform der Ausgangspunkt einer explosiven Artbildung gewesen. Sie hat jedoch die aus ihr hervorgegangenen Mutationen erheblich überdauert, da MODEL sie bei Götzendorf noch in einer Schicht antraf, die ohne Zweifel bereits dem unteren Oxford angehört.

Einen schwerwiegenden Einwand gegen den von WAAGEN und NEUMAYR weit überschätzten chronologischen Wert der Mutationen liefern einige Faunen des mediterranen Lias, die nur eine einzige Liaszone vertreten, aber gleichwohl zahlreiche Angehörige einer enger begrenzten Ammonitengruppe von sehr verschiedener Entwicklungshöhe einschließen. Ich habe hier vor allem die Fauna des Lias von Ballino im Auge, die aus einer einzigen, nur einen halben Meter mächtigen oolithischen Lage in den Grauen Kalken von Südtirol stammt und durch O. HAAS² eine sorgfältige Bearbeitung erfahren hat. Diese Fauna ist durch einen außerordentlichen Reichtum an Harpoceren charakterisiert. Es liegen aber in derselben, wie HAAS³ zeigt, die primitivsten Vertreter des *Harpoceras*-Stammes (*Arietoceras*) neben den in ungemein reicher Entfaltung vorkommenden, viel höher entwickelten Repräsentanten der Gruppe des *Harpoceras serotinum*, ferner zusammen mit einem echten *Lioceras* und mit dem ebenfalls erheblich höher spezialisierten Harpocerentypus *Polyplectus*. Wir haben es also in dieser Fauna mit dem gleichzeitigen Vorkommen sehr verschieden hoch entwickelter Harpocerengruppen in einer und derselben Faunenzone zu tun, d. h. in dieser Zone erscheinen gleichzeitig nebeneinander Formen, die man

¹ L. REUTER, Die Ausbildung des oberen Braunen Jura im nördlichen Teile der Fränkischen Alb. Geognostische Jahresh. **20**. 1907. p. 78.

² O. HAAS, Die Fauna des mittleren Lias von Ballino in Südtirol. Beiträge z. Paläontol. u. Geol. Österr.-Ung. **25**. 1912; **26**. 1913.

³ O. HAAS, l. c. **26**. p. 134. „In unserem Material erscheinen so ziemlich alle Entwicklungsstadien des Harpocerenstammes vom primitivsten, arietenhaftesten bis zum höchsten liocerenhaften Stadium gleichsam projiziert in eine einheitliche Fauna, und die einzelnen Formenkreise bzw. Subgenera gruppieren sich hier in der natürlichsten Weise, indem einer allmählich in den anderen übergeht.“

unbedenklich als Mutationen im Sinne WAAGEN's und NEUMAYR's ansehen würde, wenn sie in übereinander folgenden Schichten beobachtet worden wären.

Die von FUCINI beschriebenen Liasfaunen aus dem Zentralapennin zeigen ähnliche Vergesellschaftungen von Typen einer Formengruppe auf sehr verschiedener Entwicklungshöhe, doch ist bei diesen Faunen der Beweis schwer zu führen, daß sie nur einer einzigen Zone angehören.

NEUMAYR's Annahme, daß die Dauer einer OPPEL'schen Jurazone dem Zeitintervall zwischen dem Auftreten von zwei aufeinanderfolgenden Mutationen der häufigsten und verbreitetsten Ammonitengruppen gleichzusetzen sei, war ein genialer Gedankenwurf. Sie war jedoch in Anbetracht der außerordentlich geringen Zahl der damals bekannten Formenreihen im höchsten Grade gewagt und NEUMAYR selbst konnte sie eigentlich nur unter der Voraussetzung aufrechterhalten, daß den Ammonitenspezies OPPEL's infolge der engen Artfassung der Wert von Mutationen im Sinne WAAGEN's zukomme¹.

Vielleicht könnte man sich versucht fühlen, ein Gegenargument gegen diese Voraussetzung aus einer anderen, fast gleichzeitig erschienenen Arbeit NEUMAYR's abzuleiten. In seiner Abhandlung über die Fauna des untersten Lias in den Nordalpen weist nämlich NEUMAYR auf die Möglichkeit hin, daß die eigentlichen, auf die Mutationen innerhalb der Formenreihen begründeten Zonen des Jura mit den mitteleuropäischen Jurazonen, die durch das unvermittelte Auftreten ortsfremder Elemente schärfer geschieden seien, nicht zusammenfallen. Mindestens — meint er — liege für ein solches Zusammenfallen kein Beweis vor². Diesem Bedenken ist auf der anderen Seite der ebenso bestimmt lautende Satz entgegenzustellen, „daß die OPPEL'schen Zonen des Jura chronologisch die mittlere Dauer der Mutation der verbreitetsten Meerestiere, speziell der Cephalopoden, darstellen“.

Der Widerspruch zwischen diesen beiden Sätzen ist weniger tiefgehend, als es bei einer oberflächlichen Beurteilung der Sachlage scheinen möchte. Er erklärt sich unschwer, wenn man die

¹ M. NEUMAYR, Über unvermittelt auftretende Cephalopodentypen etc. l. c. p. 40.

² M. NEUMAYR, Zur Kenntnis der Fauna des untersten Lias in den Nordalpen. Abhandl. k. k. Geol. Reichsanst. Wien. 7/5. 1879. p. 2 ff.

allmähliche Entwicklung der Ansichten NEUMAYR's auf dem Gebiete der Zonenlehre in Betracht zieht. NEUMAYR ging von OPPEL's Gliederung des mitteleuropäischen Jura aus. Er kombinierte diese Zonengliederung mit WAAGEN's Mutationstheorie und glaubte zunächst in OPPEL's Jurazonen das Ideal einer Zoneneinteilung zum Zwecke einer Zeitmessung für die Dauer geologischer Ereignisse verwirklicht zu sehen. Später stiegen ihm Bedenken an der Vollständigkeit der Zonenfolge im mitteleuropäischen Jura auf. Der alpine Jura mit seiner durch keine Invasion ortsfremder Elemente gestörten und daher kontinuierlichen Faunenentwicklung schien ihm eine noch bessere Grundlage für eine universelle Zonengliederung abzugeben als das schwäbische Lokalgebiet. In diesem Sinne erachtete er eine Kontrolle der Jurazonen OPPEL's durch die Untersuchung der Faunenfolge im alpinen Jura für wünschenswert. Dabei stand für ihn die Möglichkeit, eventuelle Lücken in der Zonenfolge des süddeutschen Jura aufzudecken, im Vordergrund. So hebt er in seiner Arbeit über den nordalpinen Lias mit besonderem Nachdruck die Entdeckung von zwei gesonderten Faunen in dem letzteren hervor, denen im süddeutschen Lias nur die einzige Zone der *Schlotheimia angulata* entspreche.

Die Einschubung der einen oder anderen Zone mit einer besonderen Einzelfauna in die OPPEL'sche Zonenfolge würde daher den Satz nicht umstoßen, daß auch in den OPPEL'schen Zonen des mitteleuropäischen Jura die Mutationen bzw. die Spezies durchschnittlich die Grenze von zwei Zonen nicht überschreiten dürfen. Denn die Unterschiede zwischen zwei OPPEL'schen Jurazonen könnten durch eventuelle Lücken in der Faunenfolge wohl zu einem schärferen, aber keinesfalls zu einem schwächeren Ausdruck gelangen als zwischen zwei Zonen des alpinen Jura.

Wenn wir die obige Voraussetzung NEUMAYR's, daß den Ammonitenspezies OPPEL's mit Rücksicht auf die enge Artfassung dieses Forschers der Wert einer Mutation WAAGEN's zukomme, als richtig gelten lassen, so bleibt nunmehr die Frage zu prüfen, inwieweit die einzelnen Elemente innerhalb der Ammonitenfauna einer bestimmten Jurazone OPPEL's nur auf diese allein beschränkt sind, oder, um die unserer Terminologie entlehnten Ausdrücke hier in Anwendung zu bringen, inwieweit die Zeitmomente der einzelnen Zonen mit den Biozonen der in jenen Zonen auftretenden Ammonitenarten zusammenfallen.

Schon NEUMAYR war es wohl bekannt, daß auch unter den Ammoniten neben stratigraphisch empfindlichen mehr oder weniger indifferente Formen keineswegs fehlen. In einer seiner älteren Arbeiten über die Cephalopodenfauna von Balin nennt er bereits die Gattungen *Arcestes*, *Phylloceras* und *Lytoceras* als solche indifferente Gruppen, „welche nur wenig charakteristische, leicht faßbare Merkmale besitzen und durch mehrere Schichten mit kaum merkbaren Veränderungen hindurchgehen“¹. Diese Formen haben also bei der Untersuchung des Verhältnisses zwischen dem Zeitpunkt einer Faunenzone und den Biozonen ihrer Ammonitenspezies außer Betracht zu bleiben. Ebensowenig sind die seltenen oder Lokalformen von Bedeutung. Eine solche kommt nur den häufigen und horizontal weiter verbreiteten Ammonitenspezies zu, die für die Verfolgung und Wiedererkennung einer Zone über größere Räume hinweg als ausschlaggebend erachtet zu werden pflegen.

Da zeigt es sich nun, daß man trotz der gegenteiligen Behauptung DUMORTIER's² eine reine Zonenfauna außerhalb der klassischen Profile nur selten findet, daß nicht wenige als Leitfossile für eine bestimmte Zone hochgeschätzte Spezies sich doch nicht überall streng an jene Zone binden. Schon H. B. WOODWARD³ hat in seiner Abhandlung über Geologische Zonen betont, daß man mit gelegentlichen Inkongruenzen einer Spezies in dieser Hinsicht stets rechnen müsse. In der Tat ist das Auftreten und Verschwinden weit verbreiteter Formen in verschiedenen Abschnitten ihres Verbreitungsbezirkes nicht immer ein ganz gleichzeitiges. Wohl lassen sich die Äquivalente einer Zone in benachbarten Regionen der gleichen tiergeographischen Provinz zumeist ohne besondere Mühe wiedererkennen, aber nicht selten mit etwas anderer Vergesellschaftung einzelner Arten. So ist nach BENECKE's sorgfältigen Untersuchungen die Aufeinanderfolge der Ammoniten-

¹ M. NEUMAYR, Die Cephalopodenfauna der Oolithe von Balin. Abhandl. k. k. Geol. Reichsanst. Wien. 5/2. 1871. p. 49.

² E. DUMORTIER, Etudes paléontol. sur les dépôts jurass. du bassin du Rhône. 3 partie. Paris 1869. p. 95. In dieser Arbeit wird die unveränderte Regelmässigkeit der Horizonte, welche die Ammonitenspezies im Lias einhalten, wiederholt betont.

³ H. B. WOODWARD, On geological zones. Proceed. Geol. Associat. 12. 1892. p. 302.

faunen des Oberlias und unteren Dogger in Württemberg und Lothringen allerdings die gleiche, „womit aber durchaus nicht gesagt ist, daß jede einzelne Form in beiden Gebieten gleichzeitig auftritt und wieder verschwindet“¹.

POMPECKJ² führt einige auffallende Heterochronismen an — verspätetes Erscheinen des *Amaltheus margaritatus*, der Gruppe des *Sphaeroceras bullatum* und der Gattung *Macrocephalites* in Schwaben gegenüber dem Mediterrangebiet, beziehungsweise Nordwestdeutschland und England —, meint jedoch, daß diese und manche analoge Fälle als Ausnahmen von der Regel angesehen zu werden pflegen und wohl auch im allgemeinen als solche zu gelten haben. In der Tat hegt die Mehrzahl der Geologen und Paläontologen ein schwer zu überwindendes Mißtrauen Anschauungen und Tatsachen gegenüber, die eine Verschiebung der herkömmlich angenommenen Verbreitungsgrenzen von Arten und Gattungen im Gefolge haben. Eine solche Verschiebung bereitet insbesondere denjenigen eine schwere Enttäuschung, die als das einzige praktische Ziel der Paläontologie die Lieferung von Leitfossilien für die Stratigraphie zum Gebrauch in der Praxis anerkennen.

Zum Beweise der hier vorgetragenen Behauptung, daß viele der zumeist für zonenbeständig erachteten Ammonitenspezies dies nicht oder, genauer gesagt, nicht überall in gleichem Maße seien, mögen daher einige Stichproben folgen. Ich brauche wohl kaum ausdrücklich zu konstatieren, daß bei denselben nur jene Autoren berücksichtigt worden sind, deren enge Speziesfassung dafür Gewähr leistet, daß es sich wirklich um die betreffende Art handelt. Desgleichen ist auf Mischfaunen, die Elemente aus verschiedenen Zonen umschließen, wie jene von Balin, des oberliasischen Marlstone von Gloucestershire, von Montreuil-Bellay³, La Verpillere oder Cap San Vigilio, kein Bedacht genommen worden.

Bei dieser Zusammenstellung hat jene Zonengliederung des

¹ E. W. BENECKE, Die Versteinerungen der Eisenerzformation von Deutsch-Lothringen und Luxemburg. Abhandl. Geol. Spezialkarte v. Elsaß-Lothringen. N. F. Heft VI. 1905. p. 506.

² J. F. POMPECKJ, Die Bedeutung des schwäbischen Jura für die Erdgeschichte. I. c. p. 30.

³ A. DE GROSSOUVRE, Sur le système oolithique inférieur dans la partie occidentale du bassin de Paris. Bull. Soc. géol. France. 3 ser. 15. p. 521.

Jurasystems zunächst Berücksichtigung gefunden, die zur Zeit NEUMAYR'S von der überwiegenden Mehrzahl der Forscher als gültig angesehen wurde, während ich die neueren, wesentlich verfeinerten Zoneneinteilungen, die NEUMAYR nicht wohl im Auge haben konnte, nur gelegentlich heranzuziehen beabsichtige.

Solche Ammonitenarten, die sich in einzelnen Gegenden als leitend für eine bestimmte Zone erwiesen haben, aber gleichwohl in anderen Regionen derselben tiergeographischen Provinz die Grenzen dieser Zone überschreiten, werde ich hier als zonenbrechende Spezies bezeichnen.

Zunächst soll von einigen zonenbrechenden Ammonitenspezies des mitteleuropäischen Jura, nach Gattungen geordnet, die Rede sein.

Aegoceras WAAGEN.

Aegoceras (Amblyoceras) capricornu SCHLOTH.: Gilt nach WRIGHT, QUENSTEDT und OPPEL als ein Leitfossil der *Davoei*-Zone des mittleren Lias. In der Normandie kommt die Art nach BIGOT¹ in einem Lager mit *A. Davoei* und *Amaltheus margaritatus* vor. In Nordwestdeutschland geht sie nach FUTTERER² in die *Margaritatus*-Zone hinauf. Im Rhonebecken findet sie sich nach TRAUTH³ schon in der Oberregion des Unterlias.

A. (Microceras) planicosta Sow.: In Süd- und Nordwestdeutschland in der *Obtusus*-Zone, in England vorwiegend in der *Oxynotus*-Zone, in Deutsch-Lothringen nach STUBER⁴ in beiden Zonen verbreitet.

A. (Deroceras) nodoblongum QUENST.: In Schwaben charakteristisch für Lias γ , von WRIGHT aber auch aus dem *Armatus*-Bett an der Basis der *Jamesoni*-Zone und aus der *Ibex*-Zone beschrieben.

A. (Deroceras) armatum Sow.: Obere β -Tone und Lias γ .

A. (Deroceras) Davoei Sow.: Nach BIGOT⁵ auch im *Margaritatus*-Lager der Normandie.

¹ A. BIGOT, Normandie. Guide géol. en France. Congrès géol. internat. Paris 1900. 11. p. 45.

² K. FUTTERER, Die Ammoniten des mittleren Lias von Östringen. Mitteil. Großherz. Bad. Geol. Landesanst. 2. 1893. p. 322.

³ F. TRAUTH, Über den Lias der exotischen Klippen am Vierwaldstätter See. Mitteil. Geol. Ges. Wien. 1. 1908. p. 463.

⁴ J. A. STUBER, Die obere Abteilung des unteren Lias in Deutsch-Lothringen. Abhandl. Geol. Spezialkarte v. Elsaß-Lothringen. 5/2. 1893. p. 129.

⁵ A. BIGOT, l. c. p. 45.

A. (Deroceras) muticum OPP.: Bezeichnend für den mittleren Lias γ , aber nach OPPEL auch in die *Raricostatus*-Zone hinabgehend.

Agassiceras HYATT.

A. riparium OPP.: Nach REYNÈS auf die *Raricostatus*-Zone beschränkt, nach QUENSTEDT in der *Oxynotus*-Zone, nach OPPEL beiden Zonen gemeinsam.

A. (Cymbites) globosum OPP.: Findet sich in Schwaben in der *Oxynotus*-Zone, in Lothringen in der *Obtusus*-Zone, im aquitanischen Becken nach GLANGEAUD gar in Lias δ zusammen mit *Amaltheus margaritatus*.

Amaltheus MONTF.

Amaltheus spinatus BRNG.: Soll nach HAUG¹ in der westlichen Umrandung des Pariser Beckens bei Subles bis in die *Davoei*-Zone hinabsteigen. Jedenfalls geht er in Deutsch-Lothringen nach STUBER (l. c. p. 163) mindestens bis in die *Ovoides*-Mergel mit der *Margaritatus*-Fauna hinunter.

A. margaritatus MONTF.: Hält auch in Mitteleuropa die ihm zugewiesene Zone nicht überall mit voller Schärfe ein, findet sich z. B. in Deutsch-Lothringen nach STUBER (l. c. p. 159) bereits in den *Davoei*-Kalken.

Arietites WAAG.

Arietites (Asterocheras) stellaris Sow. und *A. (Asterocheras) Brooki* Sow.: Sind nach ENGEL² dem schwäbischen Arietenkalk (Zone des *Arietites Bucklandi*) und der β -Kalkbank (Zone des *A. obtusus*) gemeinsam. Nach STUBER (l. c. p. 129) gehen sie zusammen mit *A. (Asterocheras) obtusus* Sow. in Deutsch-Lothringen gar bis in die dortigen *Raricostatus*-Schichten hinauf, deren untere Abteilung der *Oxynotus*-Zone entspricht.

A. Conybeari Sow.: Reicht in Deutsch-Lothringen nach STUBER aus der *Bucklandi*-Zone bis in die *Raricostatus*-Schichten.

A. semicostatus YOUNG et BIRD: Geht nach WRIGHT³ aus der *Bucklandi*-Zone bis in die *Oxynotus*-Zone hinauf.

¹ E. HAUG, *Traité de Géologie*. 2. p. 959.

² TH. ENGEL, *Geognostischer Wegweiser durch Württemberg*. 3. Aufl. 1908. p. 220, 28.

³ TH. WRIGHT, *A monograph on the Lias Ammonites of the Brit. Islands*. Palaeontograph. Soc. London 1878. p. 287.

Aspidoceras ZITT.

Aspidoceras longispinum Sow.: Ist nach SALFELD¹ den beiden Zonen des *Aulacostephanus* Yo und *A. pseudomutabilis* (mittleres und oberes Kimmeridge) gemeinsam, findet sich nach SCHMIERER² auch noch in der Zone der *Oppelia lithographica* (Portland).

A. iphicerum OPP.: Nach H. v. SALFELD dem mittleren und oberen Kimmeridge gemeinsam.

A. Schilleri OPP.: Hauptlager in der Zone der *Oppelia tenuilobata*, nach SCHMIERER in Franken aber auch in die Wirbelberg-schichten (Zone der *Oppelia lithographica*) aufsteigend.

A. hybonotus OPP., *A. latum* OPP., *A. Pippini* OPP. gehen nach SCHMIERER aus ihrem Hauptlager in der Zone der *Oppelia lithographica* (Portland) in Franken auch in die Nappbergschichten (Zone des *Aulacostephanus pseudomutabilis*) hinab.

H. v. SALFELD führt unter allen *Aspidoceren* des norddeutschen Oberjura nur *A. acanthicum* und *A. caletanum* OPP. als niveaubeständig, beziehungsweise als leitend für die Zone des *Aulacostephanus* Yo (mittleres Kimmeridge) an. *Aspidoceras acanthicum* OPPEL ist dagegen im alpinen Oberjura niveauunbeständig.

A. Tietzei NEUM.: *Transversarius*- und *Bimammatus*-Zone.

A. perarmatum Sow.: Gilt als eine der leitenden Ammonitenarten der *Transversarius*-Zone, geht jedoch auch in die *Bimammatus*-Zone hinauf, so am Lochen bei Balingen und an der Schwedenschanze bei Brünn³, nach ENGEL (l. c. p. 414) bis in QUENSTEDT's γ des Weißen Jura. Nach den von SCHÜTZE zusammengestellten Fossillisten bei TH. ENGEL ist die Zahl der *Aspidoceras*-Arten, die sich über mehrere Stufen des Weißen Jura verbreiten, erheblich größer als jene der niveaubeständigen Spezies. *A. perarmatum* Sow. steigt von α bis γ , desgleichen *A. corona* QUENST. *A. attenense* ORB. und *A. circumspinosum* OPP. reichen von β bis δ , *A. bispinosum* ZIET. und *A. longispinum* Sow. von γ bis ζ . *A. acanthicum* OPP. hat sich in ζ , ϵ und δ , *A. episum* OPP. in β und ζ gefunden. Malm α und β sind ferner verbunden durch *A. Oegir* QUENST. und *A. hypselum* OPP.,

¹ H. v. SALFELD, Die Gliederung des oberen Jura in Nordwesteuropa etc. Dies. Jahrb. Beil.-Bd. XXXVII. 1914. p. 146.

² TH. SCHMIERER, Das Altersverhältnis der Stufen ϵ und ζ des Weißen Jura. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 54. 1902. p. 598.

³ J. OPPENHEIMER, Der Malm der Schwedenschanze bei Brünn. Beitr. z. Paläontol. u. Geol. Österr.-Ung. etc. 20. 1907. p. 242.

β und γ durch *A. binodum* OPP., *A. Rüppelense* ORB., γ und δ durch *A. inflatum* ZIET., *A. sesquinodosum* FONT., *A. liparum* OPP., *A. Schilleri* OPP., *A. quadrifinale* QUENST. und *A. septemfinale* QUENSTEDT.

Cardioceras NEUM. et UHL.

Cardioceras cordatum Sow.: Geht jedenfalls in seiner vertikalen Verbreitung über die *Cordatus*-Zone hinaus, findet sich z. B. im Oxford von Yorkshire nach FOX STRANGWAYS nicht nur in den drei unteren Abteilungen des Corallien zusammen mit *Aspidoceras perarmatum*, das als Leitform der *Transversarius*-Zone gilt, sondern auch noch in den drei oberen Abteilungen desselben Schichtkomplexes, die von dem englischen Geologen als eine besondere Faunenzone (Zone des *Perisphinctes plicatilis*) ausgeschieden werden.

Im übrigen sind bezüglich des Genus *Cardioceras* weitere Fortsetzungen der Monographie H. v. SALFELD'S¹ abzuwarten. *C. alternans* BUCH, das bisher in großer Vertikalverbreitung von der *Transversarius*- bis zur *Tenuilobatus*-Zone angegeben worden ist, erscheint nach H. v. SALFELD auf dessen Zone des *Perisphinctes Wartae* (*Impressa*-Tone Süddeutschlands) beschränkt.

Cosmoceras WAAG.

Die geringe Niveaubeständigkeit des *Cosmoceras Jason* REIN. ist bereits erwähnt worden. Auch sonst sind die meisten Spezies der Gattung im ganzen Ornatenton verbreitet, wenn auch einzelne derselben in bestimmten Gegenden (Fränkischer Jura nach REUTER) engere Horizonte einhalten.

Cycloceras HYATT.

Cycloceras binotatum OPP., *C. Maugenesti* ORB. und *C. (Tropidoceras) Masseanum* ORB. sind der *Jamesoni*- und *Ibex*-Zone gemeinsam².

Dumortieria HAUG.

In Württemberg geht die Gattung *Dumortieria* nicht über die obere Grenze des Lias (im Sinne OPPEL'S) hinaus, während sie in Lothringen in den Dogger aufsteigt. *D. pseudoradiosa* BRANCA

¹ H. v. SALFELD, Monographie der Gattung *Cardioceras*. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 67. 1915. p. 163.

² K. FUTTERER, Die Ammoniten des mittleren Lias von Östringen, I. c. p. 330.

liegt in Deutsch-Lothringen nach BENECKE in der *Opalinus-Zone*, zusammen mit *Lioceras opalinum*. In einigen von HAUG untersuchten Profilen hingegen sind die Lager der beiden Spezies derart getrennt, daß sich dort das untere Aalenien (im Sinne MAYER-EYMAR's) in die beiden Zonen der *Dumortieria pseudoradiosa* und des *Lioceras opalinum* teilen läßt.

D. (Uptonia) Jamesoni Sow.: Ist nach OPPEL charakteristisch für die nach dieser Spezies benannte Zone zwischen dem *Armatus-* und *Ibex-Bett*, nach WRIGHT für die ganze Basis des mittleren Lias. Nach QUENSTEDT tritt sie zuerst in der oberen Hälfte des Lias γ auf, reicht aber über die *Davoei-Bank* bis in die Zwischenkalke hinauf, wo sie noch mit *Amaltheus margaritatus* zusammen vorkommt. KLÜPFEL¹ betont die Umkehrung ihrer vertikalen Verbreitung in den Profilen von Schwaben bis Lothringen, indem die Art in Württemberg auf den unteren *Numismalis-Mergel*, in Lothringen dagegen auf die oberste Abteilung dieser Schichtgruppe beschränkt erscheint. Sie ist dort nach STUBER (l. c. p. 157) im *Davoei-Kalk* heimisch.

Hammatoceras HYATT.

Hammatoceras subinsigne OPP.: Ist nach BENECKE² in Schwaben bezeichnend für den untersten Dogger und geht dort nicht in die *Radians-Mergel* des obersten Lias hinunter. In Lothringen dagegen findet es sich zusammen mit den Dumortieren, die in Württemberg die *Radians-Mergel* charakterisieren und die Oberkante des Lias nicht überschreiten.

H. Sieboldi OPP.: Nach ENGEL (l. c. p. 305, 315) in Dogger β und γ .

Haploceras ZITT.

Haploceras Fialar OPP.: Ist nach HAIZMANN³ den beiden Zonen der *Oppelia tenuilobata* und des *Aulacostephanus pseudomutabilis* gemeinsan.

¹ W. KLÜPFEL, Die Sedimente der Flachsee im Lothringer Jura. Geol. Rundschau. 7. 1916. p. 109.

² E. W. BENECKE, Die Versteinerungen der Eisenerzformation von Deutsch-Lothringen und Luxemburg, l. c. p. 503.

³ W. HAIZMANN, Der Weiße Jura γ und δ in Schwaben. Dies. Jahrb. Beil.-Bd. XV. 1902. p. 524.

Recht, erheblich ist die Zahl der Arten, die nach den von SCHÜTZE zusammengestellten Fossilisten bei ENGEL durch mehrere Stufen des schwäbischen Malm hindurchgehen. *H. lingulatum* QUENST. reicht durch alle Stufen QUENSTEDT's von α bis ζ hinauf, *H. nimbatum* OPP. von γ bis ζ , *H. Erato* ORB. von Dogger ζ bis Malm β , *H. Bruckneri* OPP. von Malm Unter- α bis β . *H. falcula* QUENST., *H. Trilby* FONT. und *H. Schmidlini* MOESCH verbinden Malm β und γ .

Harpoceras WAAG.

Harpoceras (Ludwigia) Murchisonae Sow., der Leitammonit der nach ihm benannten Zone, hält dieselbe in Württemberg strenge ein. Hier und in Sehnde bei Hannover liegt er nach G. HOFFMANN¹ stets getrennt von *H. (Ludwigia) Stauffense* OPP., so daß in dieser Region eine Trennung in Subzonen nach diesen beiden Spezies durchführbar ist. Dagegen erscheint in Calvados *H. Murchisonae* zusammen mit *Lioceras opalinum* in Gesellschaft der sonst die letztere Art begleitenden Fauna, obwohl es auch hier seine Hauptentfaltung erst in der nächsthöheren Zone erreicht². Auch in Lothringen haben R. NICKLÈS³ und E. HAUG⁴ *Ludwigia Murchisonae*, wenn gleich nur als große Seltenheit, schon in der *Opalinus*-Zone angetroffen. Das gelegentliche, ausnahmsweise Hinabsteigen unserer Spezies in die *Opalinus*-Zone im Aalenien von Lothringen wird auch von E. BENECKE⁵ anerkannt.

H. (Grammoceras) Aalense ZIET.: Geht in Württemberg, Franken, England, im Aargau, Poitou und im aquitanischen Becken nicht über die Oberkante des Lias hinaus, findet sich dagegen im Elsaß und in Lothringen in der Zone des *Lioceras opalinum*. Auch

¹ G. HOFFMANN, Vergleich des unteren Dogger im schwäbischen Jura mit dem von Hannover. Centralbl. f. Min. etc. 1913. p. 473.

² A. BIGOT et L. BRASIL, Remarques sur la constitution du Toarcien supérieur dans le Calvados. Bull. Soc. Linnéenne de Normandie. 4 sér. 9. 1896. p. 147 ff.

³ R. NICKLÈS, Sur le Bajocien de Lorraine. Bull. Soc. géol. France. sér. 3. 25. 1897. p. 194.

⁴ E. HAUG, Beiträge zu einer Monographie der Ammonitengattung *Harpoceras*. Dies. Jahrb. 1887. II. p. 685.

⁵ E. W. BENECKE, Eisenerzformation von Deutsch-Lothringen etc. I. c. p. 474. — Vergl. diese Arbeit auch für die folgenden Spezies, ferner W. SOERGEL, Lias und Dogger von Jefbie und Fialpopo. Dies. Jahrb. Beil.-Bd. XXXVI. 1913. p. 627.

G. HOFFMANN¹ hat es bei Sehnde in diesem Niveau angetroffen, während es sonst in Nordwestdeutschland nach DENCKMANN auf den oberen Lias beschränkt ist.

H. (Grammoceras) dispansum LYC.: Überall in Lias ζ, außer in Franken, wo in Lias ε.

H. (Grammoceras) Toarcense ORB.: Ist im allgemeinen bezeichnend für Lias ζ, außer in Franken, wo es in Lias ε hinuntergeht, und in Lothringen, wo es in den untersten Dogger (α) hinaufsteigt.

H. (Grammoceras) striatulum Sow.: In der Normandie², in Schwaben und im Aargau in Lias ζ, in Lothringen in Lias ζ und Dogger α. Auch in Südamerika vergesellschaftet mit einer Fauna des untersten Dogger. Dagegen erscheint die Art im Rhonebecken nach DUMORTIER bereits in Lias ε.

H. arolicum OPP.: Nach ENGEL (l. c. p. 377, 397) den Stufen α und β des schwäbischen Malm gemeinsam.

H. trimarginatum OPP.: Ein Leitfossil der *Bimammatus*-Zone, geht gleichwohl aus dieser gelegentlich in die *Transversarius*-Zone hinab³.

H. (Witchellia) Tessonii ORB.: Nach ENGEL (l. c. p. 315, 329) in Dogger γ und δ.

Die meisten in dem Subgenus *Hecticoceras* BON. zusammengefaßten Harpoceren gehen durch mehrere Zonen des Kelloway hindurch. Ihre geringe Zonenbeständigkeit ist schon von A. DE GROSSOUVRE⁴ hervorgehoben worden. KILIAN und GUEBHARD⁵ zitieren *Hecticoceras retrocostatum* GROSS., das sonst eine bezeichnende Leitform der Bathstufe ist, aus dem Kelloway der Préalpes Maritimes.

Liparoceras HYATT.

Liparoceras striatum REIN.: In der *Ibex*- und *Davoei*-Zone verbreitet, tritt aber ausnahmsweise auch noch in der *Margaritatus*-Zone auf.

¹ G. HOFFMANN, Stratigraphie und Ammonitenfauna des unteren Doggers in Sehnde. Inaug.-Diss. Göttingen 1910.

² L. BRASIL, Les divisions de la zone à *Lytoceras jureense* en Normandie. Bull. Soc. Linnéenne de Normandie. 4 sér. 9. Caen 1895. p. 34 ff.

³ J. OPPENHEIMER, Der Malm der Schwedenschanze etc. l. c. p. 225.

⁴ A. DE GROSSOUVRE, Sur le Callovien de l'Ouest de la France et sur sa faune. Bull. Soc. géol. France. 3 ser. 19. 1891. p. 253.

⁵ W. KILIAN et A. GUEBHARD, Etude paléont. et stratigraph. du système jurass. dans les Préalpes Maritimes. Bull. Soc. géol. France. 4 sér. 2. 1902. p. 766.

Lytoceras SUESS.

Von dieser Gattung, deren Angehörige schon NEUMAYR in seiner Liste der niveauunbeständigen Arten erwähnt, mag hier nur eine Spezies, *Lytoceras torulosum* ZIET., angeführt werden, weil OPPEL sie zur Leitform einer besonderen Zone des Dogger erhoben hat. Nach BENECKE hat sie sich nirgends als ein brauchbares Leitfossil erwiesen, da sie überall durch mehrere Horizonte hindurchgreift.

Ochetoceras HAUG.

Ochetoceras canaliculatum BUCH: Hat sein Hauptlager in der *Transversarius*-Zone, geht aber nach OPPENHEIMER (l. c. p. 225) auch in die *Bimammatus*-Zone, nach ENGEL (l. c. p. 397) bis in Malm β hinauf.

Ochetoceras hispidum OPP.: Nach ENGEL (l. c. p. 377, 397, 412) den Stufen α bis γ des schwäbischen Malm gemeinsam.

Oecotraustes WAAG.

Oecotraustes (Creniceras) Renggeri OPP.: Nach OPPEL charakteristisch für die Zone des *Ammonites Lamberti*, nach HAUG das Leitfossil der Zone des *Quenstedtoceras Mariae*. Für R. DOUVILLÉ¹ sind die *Renggeri*-Tone der Typus seiner Zone des *Cardioceras praecordatum* (Zone des *C. Suessi* GROSSOUVRE), die er in Übereinstimmung mit A. DE GROSSOUVRE zwischen die beiden Zonen des *Quenstedtoceras Mariae* und des *Cardioceras cordatum* an der Basis des Oxford (im Sinne OPPEL's) einschaltet.

Nichtsdestoweniger geht *Oecotraustes Renggeri* nach LENT und STEINMANN² gelegentlich aus dem Ornatenton bis in die *Bimammatus*-Zone hinauf.

Oecotraustes dentatus REIN.: Nach ENGEL (l. c. p. 412, 427) im Malm γ und δ .

Olcostephanus NEUM.

Olcostephanus suberimus v. AMMON. Der Typus der Spezies wurde von ihrem Entdecker aus der *Tenuilobatus*-Zone des Malm von Regensburg beschrieben. J. OPPENHEIMER (l. c. p. 225) zitiert

¹ R. DOUVILLÉ, Observations sur la zone à *Quenstedtoceras praecordatum*. Bull. Soc. géol. France. C. R., des séances. 1912. p. 113.

² LENT und STEINMANN: Die *Renggeri*-Tone im badischen Oberlande. Mitteil. Bad. Geol. Landesanst. II. 16. p. 632.

die Art aus der *Bimammatus*-Fauna der Schwedenschanze bei Brünn.

TH. ENGEL bezeichnet *Olcostephanus Witteanus* OPP. als eine dem schwäbischen Malm β und γ gemeinsame Art. Als Spezies, die Malm γ und δ verbinden, nennt er (l. c. p. 413, 426) *O. thermanum* OPP., *O. desmonotus* OPP. und *O. lepidulus* OPP.

Oppelia WAAG.

Der stratigraphische Wert der Oppelien wird von WEPFER in seiner Monographie dieser Gattung sehr niedrig eingeschätzt, jedoch die Niveaubeständigkeit einzelner Arten zugegeben. Etwas günstiger beurteilt ihn TH. SCHNEID. Wie wenig die der Formenreihe der *Oppelia subradiata* SOW. angehörigen Mutationen auf die ihnen von WAAGEN zugewiesenen Zonen beschränkt bleiben, ist bereits früher auseinandergesetzt worden.

HAIZMANN (l. c. p. 524) zählt unter allen Oppelien der Zone des *Aulacostephanus pseudomutabilis* nur *Oppelia Klettgoviana* als für diese Zone wirklich charakteristisch auf. Die übrigen sind seinen beiden Zonen der *O. tenuilobata* und des *Aulacostephanus pseudomutabilis* gemeinsam, so *Oppelia Holbeini* OPP., *O. bühlensis* WÜRT., *O. Greenackeri* MOESCH etc., nach TH. SCHNEID¹ auch *O. tenuilobata* selbst, die sich als Leitfossil für eine bestimmte Zone ganz ungeeignet erwiesen hat.

O. (Taramelliceras) callicera OPP.: Gilt als Leitfossil der *Transversarius*-Zone, geht aber auch einerseits in die *Bimammatus*-Zone hinauf (OPPENHEIMER), andererseits in die *Cordatus*-Zone hinab (DORN).

O. Pichleri OPP.: Gilt im allgemeinen als bezeichnend für die *Bimammatus*-Zone, wird aber von UHLIG² aus den *Transversarius*-Schichten von Olomutschan, von DORN³ aus der der gleichen Zone angehörigen Mergelknollenschicht des fränkischen Oxfordien zitiert.

¹ TH. SCHNEID, Die Geologie der Fränkischen Alb zwischen Eichstätt und Neuburg. Geognost. Jahresh.-München. 27. 1914. p. 75.

² V. UHLIG, Die Jurabildungen der Umgebung von Brünn. Beitr. z. Paläontol. Österr.-Ung. etc. 1. 1882. p. 137.

³ C. DORN, Beiträge zur Stratigraphie der Grenzschichten vom Braunen zum Weißen Jura am Westrande der Fränkischen Schweiz. Sitz.-Ber. Phys. med. Sozietät. Erlangen. 48. 1916. p. 109.

Auch ENGEL¹ bezw. SCHÜTZE führen in ihren Fossilisten des schwäbischen Malm eine erhebliche Zahl von Oppelien an, die durch mehrere Stufen desselben hindurchgehen. Allen Malmstufen von α bis ζ ist *Oppelia flexuosa* BUCH gemeinsam. Von β bis δ reichen *O. Greenackeri* MOESCH, *O. compsa* OPP. und *O. Holbeini* OPP. Malm α und β sind verbunden durch *O. Lochensis* OPP., β und γ durch *O. Wenzeli* OPP., *O. trachynotus* OPP., *O. oculata* PHILL., *O. Hauffiana* OPP., γ und δ durch *O. picta* SCHLOTH., *O. levipicta* FONT., *O. Weinlandi* OPP. und *O. Strombecki* OPP.

Auch in der Provence verbindet *O. compsa* OPP. nach den Mitteilungen KILIAN's² die *Bimammatus-* und *Tenuilobatus-*Zone.

O. Villersensis ORB. hat ihre Hauptverbreitung im unteren Oxford, tritt aber nach R. DOUVILLÉ³ zuerst im oberen Kelloway auf.

Oxynoticeras HYATT.

Der wichtigste Repräsentant dieser Gattung, *Oxynoticeras oxynotus* QUENST., ist nach STUBER (l. c. p. 92, 95, 116) in Deutsch-Lothringen keineswegs auf die dortigen *Raricostatus-*Schichten beschränkt, deren untere Abteilung der *Oxymotus-*Zone Schwabens entspricht, sondern tritt schon in der tiefsten Bank der *Obtusus-*Zone (Horizont der verkiesten Ammoniten) auf, die von den gleichfalls eine *Obtusus-*Fauna führenden *Dudressieri-*Schichten überlagert wird.

Parkinsonia BAYLE.

Um sich über die vertikale Verbreitung der Parkinsonien ein Urteil zu bilden, ist eine Festlegung der Grenze zwischen den beiden Doggerstufen des Bajocien und Bathonien die unerläßliche Vorbedingung. Diese Grenze wird von verschiedenen Forschern leider in sehr verschiedener Weise gezogen. Ich halte OPPEL's⁴ Grenzföhrung, durch die dessen *Parkinsonii-*Bett bei der Stufe des Bajocien verbleibt, für die aus Prioritätsgründen allein zulässige, da A. D'ORBIGNY⁵, der das Bajocien von OMALIUS D'HALLOY

¹ TH. ENGEL, l. c. p. 377, 396, 412, 425, 472.

² W. KILIAN, Description géol. de la Montagne de Lure. Annales sciences géol. **19**, **20**. p. 129.

³ R. DOUVILLÉ, Esquisse d'une classification phylogénét. des Oppeliidae. Bull. Soc. géol. France. 4 sér. **13**. 1913. p. 60.

⁴ A. OPPEL, Die Juraformation etc., l. c. p. 439 ff.

⁵ A. D'ORBIGNY, Cours élémentaire de Paléontologie. II. 1852. p. 492.

übernommen und zuerst charakterisiert hat, unter den bezeichnendsten Ammoniten desselben auch den *Ammonites interruptus* (= *Amm. Parkinsonii* Sow.) anführt. Auch WRIGHT und WAAGEN haben OPPEL's Grenzführung angenommen, dagegen STEINMANN, SCHLIPPE, BUCKMAN und WETZEL die *Parkinsonii*-Schichten zum Bathonien gezogen.

Parkinsonia Parkinsonii Sow. und *P. ferruginea* OPP.: Die erstere Art charakterisiert nach OPPEL die oberste Zone des Bajocien, die letztere nach SCHLOENBACH die tiefere der beiden Zonen des Bathonien. In der Normandie kommen beide Arten zusammen bereits in der Zone des *Lytoceras Eudesianum* vor, der tiefsten, in der bei Bayeux Parkinsonien im Bajocien überhaupt auftreten. Sie sind hier bezeichnend für HAUG's Zone des *Cosmoceras (Garantiana) Garantianum* und erlöschen in den weißen Spongienoolithen, die in der Normandie den Abschluß des Bajocien bilden. Charakteristisch für die Bathstufe ist hier nicht *Parkinsonia ferruginea*, sondern *P. Würtembergica* OPP.¹

Im Poitou zerfällt das Bathonien nach WELSCH² in zwei Abteilungen, in die tieferen Kalke mit *Zigzagoceras zigzag* ORB., *Oppelia fusca*, *Parkinsonia Parkinsonii*, *P. ferruginea* und *P. Neuf-fensis*, und in die höheren Kieselkalke mit *Oppelia aspidoides*, *Sphaeroceras Ymir* und *Sph. microstoma*, in die die Parkinsonien nicht mehr hinaufsteigen.

Im aquitanischen Becken fehlt *Parkinsonia ferruginea* im obersten Bajocien und ist dort für die Bathstufe bezeichnend. Dagegen steigt *P. Parkinsonii* aus der Zone des *Cosmoceras Garantianum* nach GLANGEAUD³ bis in das untere Bath hinauf und liegt dort zusammen mit *Oppelia fusca*.

In der Umgebung von Digne liegen *Parkinsonia Parkinsonii* und *P. ferruginea* ebenfalls zusammen im obersten Bajocien (Zone des *Cosmoceras Garantianum*), doch hat sich die erstere Art hier nach HAUG⁴ sogar noch im oberen Bathonien gefunden.

¹ A. BIGOT, Normandie. Guide géol. en France. Congrès géol. internat. Paris 1900. 9. Boulonnais et Normandie. p. 47.

² J. WELSCH, Etude des terrains du Poitou etc. Bull. Soc. géol. France. sér. 4. 3. 1905. p. 841.

³ PH. GLANGEAUD, Le Lias et le Jurassique moyen en bordure à l'ouest du plateau Central. Bull. Soc. géol. France. 3 sér. 23. 1895. p. 38.

⁴ E. HAUG, Les chaînes subalpines entre Gap et Digne. Bull. Service carte géol. France. 3. No. 21. 1891. p. 76.

In Württemberg nennt OPPEL (Juraformation, l. c. p. 380) *Parkinsonia Parkinsonii* die bezeichnendste Art der obersten Zone des Unterooliths und erwähnt sie aus dieser Position von einer ganzen Reihe von Lokalitäten in Schwaben, Frankreich und England. *P. ferruginea* wird von ihm nur von zwei Lokalitäten aus der Bathstufe Württembergs angeführt, mit dem Zusatze, daß diese Spezies in der Regel etwas tiefer liege als *P. Württembergica*, die sich stets unmittelbar unter den Macrocephalenschichten finde (l. c. p. 476).

Im Dogger des Teutoburger Waldes unterscheidet WETZEL¹ drei Schichtglieder, die durch das Auftreten der Parkinsonien gekennzeichnet werden: Die unteren Parkinsoniensichten, in denen sieben Arten der Gattung *Parkinsonia* mit dreizehn Spezies des Subgenus *Garantiana* zusammenliegen, die oberen Parkinsoniensichten, in denen *Garantiana* verschwunden ist, die Parkinsonien jedoch mit *Parkinsonia Parkinsonii* ihre Hauptentwicklung erreichen, und die *Württembergicus*-Schichten mit *Parkinsonia Neufensis*. Nur die letzteren fallen dem Bathonien im Sinne OPPEL's zu. In das obere Bathonien (*Aspidoides*-Schichten) steigen die Parkinsonien nicht mehr hinauf.

In den Doggerprofilen von Neumarkt in der Oberpfalz kommen nach REUTER² *Parkinsonia Parkinsonii* und *P. ferruginea* in der obersten Zone des Bajocien zusammen vor, doch geht nur die letztgenannte Art noch in die Bathstufe hinauf.

Im Gebiete des Rheintales im Elsaß und in Baden sind Parkinsonien auf drei verschiedene Horizonte verteilt. Ihnen allen ist *P. Parkinsonii* gemeinsam. In dem tiefsten Horizont, den Mergeln mit *Cosmoceras (Garantiana) Garantianum*, die auch STEINMANN und SCHLIPPE³ noch zum Bajocien rechnen, trifft man sie ebensogut als im mittleren Horizont des Hauptrogensteins und im obersten, den Mergeloolithen, die eine zweifellose Bathonienfauna führen. In den Mergeloolithen liegen *Parkinsonia Parkinsonii* und *P. ferruginea* zusammen mit *Oppelia aspidoides*, *Sphaero-*

¹ W. WETZEL, Faunistische und stratigraphische Untersuchungen der Parkinsoniensichten des Teutoburger Waldes bei Bielefeld. Palaeontographica. 58. 1911. p. 139—277.

² L. REUTER, Doggerprofile aus dem Gebiet von Neumarkt in der Oberpfalz. Dies. Jahrb. 1905. I. p. 70.

³ A. O. SCHLIPPE, Die Fauna des Bathonien im oberrheinischen Tieflande. Abhandl. Geol. Spezialkarte v. Elsaß-Lothr. IV. 1888. p. 207.

ceras subcontractum, *Hecticoceras retrocostatum*, *Macrocephalites Morisi* und anderen bezeichnenden Ammonitenspezies der Bathstufe. *Parkinsonia ferruginea* steigt hier ebensowenig wie in Württemberg in die Zone des *Cosmoceras Garantianum* hinab. Auch wenn man, was ich nach OPPEL'S Grenzföhrung für notwendig halte, den Haupttrogenstein des Breisgau noch zum Bajocien rechnet und nicht mit dem englischen Großoolith parallelisiert, wird man das Hinaufreichen einer größeren Zahl von *Parkinsonia*-Arten bis in die Bathstufe nicht in Abrede stellen können und als eine auffallende Erscheinung bewerten müssen.

Im Aargau ist nach MÜHLBERG¹ der die obersten Lagen des Haupttrogensteins bildende *Ferrugineus*-Oolith das Hauptverbreitungsgebiet der Parkinsonien. Hier liegen *Parkinsonia Parkinsonii*, *P. ferruginea* und *P. Württembergica* zusammen mit *Oppelia aspidoides*. Der Haupttrogenstein, in dessen unteren Lagen sich noch eine Leitform des Bajocien wie *Stephanoceras Blagdeni* findet, besitzt nicht überall den gleichen zeitlichen Umfang. Der *Ferrugineus*-Oolith ist von einzelnen Forschern bereits ins Bathonien, von anderen noch ins Bajocien verwiesen worden. Die ihn überlagernden *Varians*-Schichten von MOESCH enthalten nahe ihrer Grenze gegen die hangenden *Macrocephalens*-Schichten eine typische Bathonienfauna mit *Oppelia aspidoides*, *O. bisculpta* OPP., *Perisphinctes Moorei* OPP., *P. aurigerus* OPP., *Macrocephalites Morisi* OPP.

H. SCHARDT², G. LEE³ und M. CLERC⁴ parallelisieren übereinstimmend den Haupttrogenstein und den größten Teil der *Varians*-Schichten mit dem Calcaire roux sableux, der der Zone des *Cosmoceras Garantianum* und damit der obersten Abteilung des Bajocien entspricht. Er enthält neben den Vertretern des Subgenus *Garantiana* und *Parkinsonia Parkinsonii* nach CLERC (l. c. p. 16) auch *Oppelia subradiata*. Erst die über dem Calcaire roux folgenden

¹ M. MÜHLBERG, Vorläufige Mitteil. über die Stratigraphie des Braunen Jura im nordschweizerischen Juragebirge. *Eclogae Geol. Helvet.* 6. 1900. p. 315.

² H. SCHARDT, Der Parallelismus der Stufen des Doggers im zentralen und südlichen Juragebirge. *Eclogae Geol. Helvet.* 8. 1905. p. 452.

³ G. LEE, Contribution à l'étude stratigraph. et paléontol. de la chaîne de la Faucille. *Mém. Soc. Paléontol. Suisse.* 32. 1905. p. 11.

⁴ M. CLERC, Etude monograph. des foss. du Dogger de quelques gisements classiques du Jura Neuchâtelois et Vaudois. *Ibid.* 31. 1904.

Marnes de Furcil repräsentieren das Bathonien. Aber auch in diesem kommen noch *Parkinsonia Parkinsonii*, *P. ferruginea*¹ und *P. Neuffensis*² vor.

P. Neuffensis OPP.: Im Dogger des Teutoburger Waldes ist diese Art nach WETZEL auf die *Württembergicus*-Schichten, also das untere Bathonien OPPEL's, beschränkt, ebenso im Jura der Westschweiz, wo LEE (l. c. p. 10) sie nur aus den Marnes de Furcil zitiert. Auch WELSCH führt sie (l. c. p. 841) aus den Kalken des unteren Bathonien im Poitou mit *Oppelia fusca* und *Zigzagoceras zigzag* an. Dagegen erscheint sie nach MUNIER-CHALMAS³ in der Normandie im obersten Bajocien zusammen mit *Cosmoceras (Garantiana) Garantianum*, *Oppelia subradiata* und *Parkinsonia Parkinsonii*. Den gleichen Horizont bezeichnet sie nach REUTER⁴ in den Doggerprofilen bei Neumarkt in der Oberpfalz.

Peltoceras WAAG.

Peltoceras athleta PHILL. und *P. annulare* REIN.: Beide Spezies gelten als Leitammoniten des oberen Kelloway (Zone des *P. athleta*). Indessen erwähnt schon A. DE GROSSOUVRE⁵, daß sie gelegentlich bis in das untere Oxford hinaufsteigen. Auch bei Lautlingen „Auf Bergen“ erscheinen sie nach ZAKRZEWSKI⁶ im unteren Oxford, nämlich in der ersten Tonschicht über der untersten Kalkbank der *Transversarius*-Schichten zusammen mit *Haploceras lingulatum* QUENST. und *Harpoceras arolicum* OPP. (*Ammonites complanatus albus* QUENST.)⁷. ZAKRZEWSKI erwähnt ferner das Zusammenvorkommen des *P. athleta* in den schwäbischen *Lamberti-*

¹ Diese Spezies ist nach WETZEL (l. c. p. 190) möglicherweise mit *Parkinsonia acris* identisch.

² Diese Art dürfte nach WETZEL (l. c. p. 195) vielleicht an *Parkinsonia depressa* QUENST. anzuschließen sein.

³ MUNIER-CHALMAS, Etudes préliminaires des terrains jurass. de Normandie. Bull. Soc. géol. France. 3 sér. 20. 1892. p. CLXVI.

⁴ L. REUTER, Doggerprofile etc. Dies. Jahrb. 1905. I. p. 70.

⁵ A. DE GROSSOUVRE, Sur le Callovien de l'ouest de la France et sur sa faune. Bull. Soc. géol. France. 3 sér. 19. 1891. p. 253.

⁶ ZAKRZEWSKI, Die Grenzsichten vom Braunen zum Weißen Jura in Schwaben. Jahresh. f. vaterl. Naturkunde i. Württemberg. 43. 1887. p. 19, 21, 45.

⁷ Vergl. auch W. KILIAN et A. GUEBHARD, Préalpes Maritimes etc., l. c. p. 779.

Knollen mit *Ammonites perarmatus*, *A. Lamberti*, *A. cordatus* etc., d. h. mit einer typischen *Cordatus*-Fauna, die ENGEL (l. c. p. 346) noch durch *Aspidoceras biarmatum* OPP. vervollständigt hat.

Perisphinctes WAAG.

Eine Durchsicht der umfangreichen Abhandlung J. v. SIEMIRADZKI's „Monographische Beschreibung der Ammonitengattung *Perisphinctes*“¹ könnte zu der Meinung verleiten, daß die Arten dieses formenmannigfaltigen Genus sich durch ein hohes Maß von Niveaubeständigkeit auszeichnen. Unter 128 mitteleuropäischen Juraspezies führt J. v. SIEMIRADZKI nur 12 an, die mehreren OPPEL'schen Jurazonen gemeinsam sind. Dieses statistische Ergebnis wird in seiner Bedeutung allerdings durch die Tatsache abgeschwächt, daß von jenen 128 Spezies 33 überhaupt nur von einem einzigen Fundort und nur 29 von einer größeren Zahl von Lokalitäten aus verschiedenen Gegenden angeführt werden. Aber auch sonst bedarf J. v. SIEMIRADZKI's Monographie bezüglich der Niveauangaben für die einzelnen Spezies von *Perisphinctes* wie in so vieler Hinsicht einer gründlichen Revision.

Als einzige der *Cordatus*- und *Transversarius*-Zone gemeinsame Art nennt J. v. SIEMIRADZKI *Perisphinctes Michalskii* BUK. Zieht man die sorgfältige Monographie der *Perisphinctes* des Krakauer Unteroxfordien von R. v. KLEBELSBERG² zu Rate, so erhält man ein ganz anderes Bild. Aus dem ihm vorliegenden Material zählt dieser Forscher nicht weniger als 13 niveaubeständige Spezies der Oxfordstufe auf, nämlich:

Perisphinctes Orbigny LOR.: Universell verbreitet im unteren und mittleren Oxford Europas, während das Vorkommen im Kelloway nicht ganz feststeht. (p. 168).

P. tizianiformis CHOFF.: Unteroxford und *Bimammatus*-Zone (p. 171).

P. Delgadoi CHOFF.: *Cordatus*- bis *Bimammatus*-Zone (p. 178).

P. colubrinus REIN und *P. Kiliani* De RIAZ: Im ganzen Oxford (p. 181, 182).

P. promiscuus BUK.: Eine der häufigsten und charakteristischen Versteinerungen der *Cordatus*- und *Transversarius*-Zone (p. 184).

¹ Palaeontographica. 45. 1898/99. p. 69—352.

² R. v. KLEBELSBERG, Die *Perisphinctes* des Krakauer Unteroxfordien. Beitr. z. Paläontol. u. Geol. Österr.-Ung. etc. 25. 1912.

P. stenocycloides SIEM. (p. 174), *P. Martelli* OPP. (p. 190), *P. cristatus* KLEB. (p. 193), *P. Lincki* CHOFF. (p. 196), *P. Aeneas* GEMM. (p. 201), *P. Jelskii* SIEM. (p. 207).: Sämtlich der *Cordatus*- und *Transversarius*-Zone gemeinsam.

P. Lucingensis FAVRE (p. 209): *Cordatus*- bis *Bimammatus*-Zone.

P. Castroi CHOFF. (p. 212): *Transversarius*- und *Bimammatus*-Zone.

Eine Spezies, die in neuester Zeit erhöhte Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat, ist *Perisphinctes Wartae* BUK. H. v. SALFELD¹ hat auf Grund des Vorkommens dieser leicht kenntlichen Art im nordwestdeutschen Jura eine besondere Zone in der Grenzregion zwischen *Transversarius*- und *Bimammatus*-Schichten ausgeschieden, die den süddeutschen *Impressa*-Tonen entspricht². Daß *P. Wartae* in den von H. v. SALFELD untersuchten Profilen ein solches Niveau streng innehält, soll ohne Widerspruch zugegeben werden. Auch das Lager der von G. v. BUKOWSKI³ beschriebenen Originalstücke bei Czenstochau weist auf den gleichen Horizont hin. An anderen Lokalitäten jedoch besitzt unsere Spezies bestimmt eine größere vertikale Verbreitung. J. v. SIEMIRADZKI (l. c. p. 252) gibt die *Cordatus*-Zone, A. DE RIAZ⁴ die *Transversarius*-Zone als ihre Heimat an. R. v. KLEBELSBERG (l. c. p. 172) nennt sie eines der häufigsten und bezeichnendsten Fossilien des Unteroxfordien von Krakau, dessen Fauna freilich eine Trennung in die Elemente der *Cordatus*- und *Transversarius*-Zone nicht gestattet. Nach DORN⁵ tritt sie in den Glaukonitmergeln und Glaukonitknollenschichten

¹ H. v. SALFELD, Die Gliederung des oberen Jura in Nordwesteuropa. Dies. Jahrb. Beil.-Bd. XXXVII. 1914. p. 138, 141, 163.

² *Aulacothyris impressa* selbst besitzt eine so große vertikale Verbreitung, daß auf ihr Vorkommen kein Gewicht gelegt werden kann. Während sie zu meist als für Ober- α im Weißen Jura bezeichnend gilt, kommt sie im Elsaß nach E. W. BENECKE (Über einen neuen Jura-Aufschluß im Unterelsaß. Mitteil. z. Geol. Spezialkarte v. Elsaß-Lothr., VI. 1909. p. 402) bereits im oberen Kelloway (Dogger ζ) vor.

³ G. v. BUKOWSKI, Die Juraablagerungen von Czenstochau. Beitr. z. Paläontol. Österr.-Ung. etc. 1887. p. 93, 94.

⁴ A. DE RIAZ, Description des Ammonites des couches à *Peltoceras transversarium* de Trept. 1898. p. 17.

⁵ C. DORN, Beiträge zur Stratigraphie der Grenzschichten vom Braunen zum Weißen Jura am Westrande der Fränkischen Schweiz. Sitz.-Ber. Phys.-Med. Sozietät in Erlangen. 48. 1916. p. 104, 108.

am Westrand der Fränkischen Schweiz zusammen mit einer typischen *Cordatus*-Fauna auf, geht aber auch in den Marmorkalk hinauf, der nach den Ausführungen DORN's bereits der *Transversarius*-Zone entspricht. Endlich führt OPPENHEIMER¹ *P. Wartae* auch als Element einer typischen *Bimammatus*-Fauna an.

Auch Th. ENGEL, beziehungsweise SCHÜTZE, zitieren in ihren Fossilisten des schwäbischen Malm eine große Zahl von *Perisphinctes*-Arten aus mehreren Jurastufen. Von β bis δ reichen *P. colubrinus* REIN., *P. striolaris* REIN. und *P. gigantoplex* QUENST., von γ bis ζ *P. lictor* FONT. Den beiden Stufen β und γ sind *P. Tiziani* OPP., *P. suevicus* SIEM., *P. triplex* QUENST., *P. polygyratus* REIN., *P. unicomptus* FONT., *P. Dunikowskii* SIEM., *P. ptychodes* NEUM., *P. planula* ZIET., *P. nodosus* ZIET., den Stufen γ und δ *P. Crussoliensis* FONT., *P. geron* ZITT., *P. metamorphus* NEUM., *P. Achilles* ORB. und *P. Ernesti* LOR. gemeinsam.

Auch *P. Balderus* OPP., der von BURCKHARDT später zum Typus einer besonderen Gattung *Idoceras* erhoben worden ist, findet sich sowohl in Malm γ als δ .

P. contiguus CAT. ist nach HAIZMANN (l. c. p. 524) den beiden Zonen des *Aulacostephanus pseudomutabilis* und der *Oppelia tenuilobata* gemeinsam.

P. Ulmensis OPP. geht nach SCHMIERER² durch das ganze Kimmeridge bis in die Zone der *Oppelia lithographica* (Portland) hinauf.

Als Spezies, die im Bath und Kelloway verbreitet sind, nennt J. v. SIEMIRADZKI nur *P. subtilis* NEUM., *P. evolutus* NEUM. und *P. Gottschei* STEINM. Ihnen sind jedoch noch anzuschließen: *P. Orion* OPP., *P. procerus* SEEB. und *P. quercinus* TERQU. et JOURDY, die nach TILL³ in Mutationen in das Kelloway von Villany aufsteigen, die von der Stammform kaum trennbar sind. *P. Moorei* OPP., eine Leitform des Bath, wird von CHOFFAT auch aus dem Kelloway des westlichen Kettenjura zitiert. *P. Subbakeriae* ORB. geht nach A. DE GROSSOUVRE⁴ im Dep. de la Sarthe aus dem oberen Bathonien

¹ J. OPPENHEIMER, Der Malm der Schwedenschanze bei Brünn, l. c. p. 245.

² Th. SCHMIERER, Das Altersverhältnis der Stufen ϵ und ζ des Weißen Jura. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 54. 1902. p. 599.

³ A. TILL, Die Ammonitenfauna des Kelloway von Villany. Beitr. z. Paläontol. u. Geol. Österr.-Ung. etc. 23. 1910. p. 194.

⁴ A. DE GROSSOUVRE, Etage Bathonien etc. l. c. 16. 1888. p. 398.

bis in die *Anceps*-Zone hinauf. HAUG¹ hat ein Stück aus der *Anceps*-Zone von St. Laon (Vienne) zur Abbildung gebracht.

P. curvicosta OPP. gilt als Leitfossil der *Macrocephalus*-Zone, ist jedoch im ganzen Kelloway verbreitet, da nach TILL (l. c. p. 194) die jüngeren Mutationen von der Stammform weder nach Abbildungen noch nach Beschreibungen getrennt werden können.

Polymorphites SUTN.

Polymorphites Bronni ROEM.: Gilt als Leitfossil der *Jamesoni*-Zone, geht indessen, allerdings sehr selten, auch in die *Ibez*-Zone hinauf.

Quenstedtoceras HYATT.

Quenstedtoceras Lamberti SOW.: Verbindet die *Athleta*-Zone mit dem unteren Oxford (im Sinne OPPEL's), kommt jedoch nach W. KILIAN² in der Provence im Oxford mit *Cardioceras cordatum* zusammen vor, obwohl sonst innerhalb der Tonfazies des Oberjura die *Lamberti*- und *Cordatus*-Fauna dort gut trennbar sind.

Reineckia BAYLE.

Reineckia anceps REIN., der Leitammonit der nach ihr benannten Zone des mittleren Kelloway soll nach CHOFFAT³ im westlichen Kettenjura einerseits in die Eisenoolithe der *Macrocephalus*-Zone hinabgehen, andererseits bis in die *Athleta*-Zone hinaufsteigen.

Schlotheimia BAYLE.

Schlotheimia angulata SCHLOTH., der Leitammonit der nach ihr benannten Zone des Unterlias, findet sich zuerst in der Oolithenbank QUENSTEDT's an der Grenze gegen die *Planorbis*-Zone und scheint, wenn auch nur vereinzelt, bis in die *Bucklandi*-Zone aufzusteigen⁴.

Auch *Sch. Charmassei* ORB. findet sich nach POMPECKJ (l. c. p. 81), allerdings sehr selten, noch in der untersten Abteilung der

¹ E. HAUG, *Traité de Géologie*, l. c. II. Pl. CV.

² W. KILIAN, *Montagne de Lure etc.*, l. c. p. 118.

³ P. CHOFFAT, *Esquisse du Callovien et de l'Oxfordien dans le Jura occidental et le Jura méridional*. *Mém. Soc. d'émulat. du Doubs*. 5 sér. 3. 1878. p. 17, 23, 29.

⁴ J. F. POMPECKJ, *Beiträge zu einer Revision der Ammoniten des schwäbischen Jura*. *Liefg. I*. 1893. p. 78.

Zone des *Arietites Bucklandi*. Von WRIGHT¹ wird sie sogar direkt aus dieser Zone des Unterlias in England zitiert, doch ist bei einer kritischen Würdigung dieses Zitates die ungenügende Vertretung der *Angulatus*-Zone im englischen Lias zu berücksichtigen.

Simoceras ZITT.

Simoceras Doublieri ORB.: Hat sein Hauptlager in der Zone der *Oppelia tenuilobata*, tritt jedoch nach KILIAN² bereits im Sequanien der Provence auf und geht nach HAIZMANN³ im süd-deutschen Oberjura bis in die Zone des *Aulacostephanus pseudomutabilis*, nach SCHMIERER (l. c. p. 599) sogar bis in die bereits dem Portland zufallenden Wirbelbergsschichten (Zone der *Oppelia lithographica*) hinauf.

S. contortum NEUM.: Nach ENGEL (l. c. p. 397, 414) den beiden Stufen β und γ des schwäbischen Malm gemeinsam.

S. planulofurca QUENST.: Geht nach ENGEL aus Malm γ in Malm δ des schwäbischen Jura hinauf.

Sphaeroceras BAYLE.

Sphaeroceras bullatum ORB.: Ist zumeist, jedoch nicht ausschließlich, für die *Macrocephalus*-Zone des Kelloway bezeichnend. A. DE GROSSOUVRE⁴ zitiert es aus dem Bathonien von Nordfrankreich, MOESCH aus den *Varians*-Schichten des Aargau. Im Dogger des Poitou liegt es nach WELSCH⁵ ein wenig höher als der Kieselkalk mit *Oppelia aspidoides* und *Sphaeroceras microstoma*, aber unter dem echten Kelloway, wo es freilich in Vergesellschaftung mit den Macrocephaliten seine Blüte erreicht. M. CLERC⁶ gibt

¹ TH. WRIGHT, A monograph on the Lias Ammonites of the British Islands. Palaeontograph. Soc. London 1878. p. 326.

² W. KILIAN et A. GUEBHARD, Système jurass. dans les Préalpes Maritimes etc., l. c. p. 791.

³ W. HAIZMANN, Der Weiße Jura γ und δ in Schwaben. Dies. Jahrb. Beil.-Bd. XV. 1902. p. 523.

⁴ A. DE GROSSOUVRE, Etudes sur l'étage Bathonien. Bull. Soc. géol. France. 3 sér. 16. 1888. p. 386.

⁵ J. WELSCH, Etude des terrains du Poitou etc. Bull. Soc. géol. France. 4 sér. 3. 1905. p. 843.

⁶ M. CLERC, Etude monograph. des fossiles du Dogger de quelques gisements classiques du Jura Neuchâtelais et Vaudois. Mém. Soc. Paléontol. Suisse. 31. 1904. p. 7.

das Vorkommen unserer Spezies aus dem Bathonien von Baumes an. Auch J. POMPECKJ¹ teilt mit, daß die Gruppe des *S. bullatum* in Nordwestdeutschland schon in den *Aspidoides*-Schichten des Bathonien, in Schwaben dagegen erst in den *Macrocephalus*-Schichten auftritt.

Ebensowenig niveaubeständig sind andere Arten des Genus *Sphaeroceras*, so *S. microstoma* ORB. Der Typus d'ORBIGNY's stammt nach A. DE GROSSOUVRE (Bathonien, l. c. p. 387) aus dem Bathonien. Auch im Poitou liegt die Art mit *Oppelia aspidoides* im oberen Bathonien zusammen. Dagegen charakterisiert sie in Württemberg und auch in den Préalpes Maritimes das Kelloway.

D'ORBIGNY's Typus des *Sphaeroceras Bombur* stammt aus der *Macrocephalus*-Zone. Doch geht die Art im Dép. der Sarthe nach A. DE GROSSOUVRE (l. c. p. 388) auch in das obere Bathonien hinab.

Stephanoceras WAAG.

Stephanoceras Humphriesianum ORB. in der üblichen Fassung dieser Spezies ist der von OPPEL nach ihm benannten Zone (Zone der *Witchellia Romani* HAUG's) und der *Sauzei*-Zone gemeinsam². Ob der Art in der engen Fassung MASKE's³ dieselbe horizontale und vertikale Verbreitung verbleiben wird, bleibt abzuwarten.

Mehr beachtet und besser gewürdigt als die Bedeutung der keineswegs geringen Zahl zonenbrechender Ammonitenspezies im mitteleuropäischen Jura wurden seit jeher die Heterochronismen mitteleuropäischer Juraammoniten im alpin-mediterranen Faunengebiet⁴. Schon NEUMAYR hat auf solche Unterschiede in dem

¹ J. F. POMPECKJ, Die Bedeutung des schwäbischen Jura für die Erdgeschichte, l. c. p. 30.

² Vergl. E. HAUG, Les chaînes subalpines entre Gap et Digne, l. c. 1892. p. 66.

³ E. MASKE, Die *Stephanoceras*-Verwandten in den Coronatenschichten von Norddeutschland. Göttingen 1907. In dieser Arbeit, die allerdings nur als eine vorläufige Mitteilung zu betrachten ist, wird *Ammonites Humphriesianus* in vier Genera (*Skirroceras*, *Stephanoceras*, *Stepheoceras*, *Stemmatoceras*) aufgelöst.

⁴ In der Frage der Sonderung einer mitteleuropäischen und alpin-mediterranen Faunenprovinz während der Juraperiode im Sinne NEUMAYR's teile ich die Meinung V. ULLIG's (Die marinen Reiche des Jura und der Unterkreide. Mitteil. Geol. Ges. Wien. 4. 1911. p. 361), daß beide zu einer größeren Einheit

zeitlichen Auftreten gleicher Arten in beiden Gebieten aufmerksam gemacht, obwohl er größeres Gewicht auf das ungleichzeitige Erscheinen der Gattungen legte. Am auffallendsten ist wohl das ungleichartige Verhalten des *Amaltheus margaritatus* MONTF. im schwäbischen und mediterranen Lias.

In Schwaben charakterisiert *Amaltheus margaritatus* die Unterregion von QUENSTEDT's Lias δ , in der OPPEL ursprünglich eine untere und obere Zone unterschied, die er beide nach diesem Ammoniten benannte. Im Rhonebecken tritt *Amaltheus margaritatus* nach DUMORTIER¹ im unteren Teil des Mittellias unvermittelt auf, reicht aber dort durch den ganzen mittleren Lias hindurch. So kommt er im Arveyron nach NICKLÈS² in der Zone des *Amaltheus spinatus* mit diesem zusammen noch recht häufig vor.

zu vereinigen seien, daß jedoch im Rahmen dieser Einheit die mitteleuropäische als eine untergeordnete Region ausgeschieden werden könne. Daß die faunistischen Unterschiede an den Grenzen beider Regionen sich verwischen, läßt die Zwischenstellung einzelner Faunen im Grenzgebiete deutlich erkennen, so jene der Fauna von Czetchowitz zwischen Olomutschan einerseits und den Oxfordfaunen der karpathischen Klippen andererseits (vergl. J. NEUMANN, Die Oxfordfauna von Czetchowitz. Beitr. z. Paläontol. u. Geol. Österr.-Ung. etc. **20**. 1907. p. 65), jene der liassischen Fleckenmergel der Bayrischen Alpen, die nach E. BOESE (Über liassische und mitteljurassische Fleckenmergel in den Bayrischen Alpen. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. **44**. 1894. p. 704) eine Mischung von alpinen und schwäbischen Typen mit Vorwiegen der letzteren enthalten, ferner gewisse oberjurassische Faunen in den Préalpes Maritimes (nach W. KILIAN und A. GUEBHARD), endlich die von HUG (Lias- und Doggerammoniten der Freiburger Alpen. Abhandl. Schweizer Paläontol. Ges. **25**. 1898. p. 21) untersuchten Faunen im Gebiet des Moleson, wo der obere Lias einen ausgeprägt mitteleuropäischen Charakter trägt, während die höheren Jurastufen, insbesondere die Klaus-Schichten, typisch alpin entwickelt sind.

Dagegen kann ich Differenzen in der Meerestiefe im Sinne von POMPECKJ (Paläontologische und stratigraphische Notizen aus Anatolien. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. **49**. 1897. p. 826) und HAUG (Les géosynclinaux et les aires continentales. Bull. Soc. géol. France. 3 sér. **28**. 1900. p. 622) keine ausschlaggebende Bedeutung für die Unterschiede in der mediterranen und mitteleuropäischen Entwicklung des Jura zugestehen, da sich diese Unterschiede durch alle Fazies hindurchziehen und uns aus dem alpin-mediterranen Jura nicht nur bathyale, sondern auch zweifellose neritische Bildungen bekannt sind. Vergl. zu dieser Frage auch das Referat UHLIG's in dies. Jahrb. 1899. I. - 527 -.

¹ E. DUMORTIER, Etudes paléontol. sur les dépôts. jurass. du bassin du Rhône. 3 partie. Paris 1869. p. 91.

² R. NICKLÈS, La série liassique dans la région de Tournemire (Arveyron). Bull. Soc. géol. France. 4 sér. **7**. 1908. p. 574.

P. REYNÉS¹ trennt im Arveyron zwei Hauptzonen, jene des *Lytoceras fimbriatum* im Liegenden und des *Amaltheus margaritatus* im Hangenden mit der Angabe, sie seien untereinander paläontologisch schärfer geschieden als die erstere von den tieferen Liaszonen. Gleichwohl kommt *A. margaritatus* in beiden Hauptzonen vor. Innerhalb der jüngeren Zone ist wieder eine Sonderung in drei Subzonen nach ihren Ammonitenfaunen erkennbar, in jene des *Amm. Ragazzonii*, des *Amm. margaritatus* und des *Amm. spinatus*, doch geht *Amm. margaritatus* durch alle, wenn auch nicht mit gleicher Häufigkeit hindurch.

Auch in der Umgebung von Digne hat E. HAUG² *Amaltheus margaritatus* schon in den Grenzschichten der *Davoei*-Zone gefunden. Im Apennin zitiert ihn CANAVARI³ aus der Oberregion des unteren Lias von Toskana und sogar aus der tieferen Abteilung des Unterlias von Spezia. So verbreitet sich dieses in Schwaben für einen bestimmten Horizont des Mittellias so bezeichnende Leitfossil in der mediterranen Region mindestens über die Oberregion des unteren und über den ganzen mittleren Lias⁴.

Noch auf einige andere Beispiele von Heterochronismen stratigraphisch wichtiger Ammonitenspezies im alpinen und mitteleuropäischen Juragebiet mag kurz hingewiesen werden.

Peltoceras bimammatum QUENST. (*bicristatum* RASP.), der bekannte Leitammonit der von OPPEL nach ihm benannten Zone des Oxford, wurde von FAVRE in den Freiburger Alpen in einer Fauna entdeckt, die eine Mischung von Elementen der *Transversarius*- und *Bimammatus*-Zone enthält, scheint dagegen im Vor-

¹ P. REYNÉS, Essai de Géologie et de Paléontologie Arveyronnaises. Paris 1868.

² E. HAUG, Chaînes subalpines entre Gap et Digne, l. c. p. 33.

³ M. CANAVARI, Beiträge zur Fauna des unteren Lias von Spezia. Palaeontograph. 29. 1882. p. 68 (190).

⁴ Wenn E. TOLL (Beitrag zur Geologie der Neusibirischen Inseln und die wichtigsten Aufgaben der Erforschung der Polarländer. Mém. Acad. impér. des sciences. St. Pétersbourg. sér. VIII. 9. 1899. p. 13, 14) die Entdeckung des *Amaltheus margaritatus* (nach einer Bestimmung MICHALSKI'S) im Mündungsgebiet des Anabar mitteilt, so läßt sich eine sichere Niveau-bestimmung an diesen in zoogeographischer Hinsicht hochinteressanten Fund nicht anknüpfen. Es kann sich ebensogut um Unterlias als um Mittellias handeln. Selbst eine Einwanderung dieser Art nach Sibirien im Oberlias wäre denkbar.

alpengebiet der Seealpen bis in die *Tenuilobatus*-Zone aufzusteigen¹.

In den Allgäuschiefern der Hohenschwangauer Alpen, aber auch in den Hierlatzkalken des Hierlatz kommen *Oxynoticeras oxynotus* und *Arietites raricostatus* ZIET. in einer und derselben Schicht vor, während sie in Schwaben stets getrennt liegen². Ferner erscheinen im Hierlatzkalk des Hierlatz³, ähnlich wie im Elsaß, in einer sonst reinen Fauna der *Oxynotus*-Zone auch zwei Ammonitenspezies der *Obtusus*-Zone, *Asteroceras obtusum* Sow. und *A. stellare* Sow. Eine ähnliche Verbreitung wie im Elsaß scheint hier auch *Aegoceras planicosta* Sow. zu haben, das in Schwaben die *Obtusus*-Zone charakterisiert, aber im Rhonebecken nach DUMORTIER (l. c. p. 167) und im Hierlatzkalk des Hierlatz nach GEYER zusammen mit *Arietites (Echioceras) raricostatus* auftritt.

In den Hierlatzkalken des Schafberges, deren Fauna nur die Zone des *Amaltheus margaritatus* umfaßt, fand GEYER⁴ auch *Aegoceras capricornu* SCHLOTH. aus der *Davoei*- und *Coeloceras Centaurus* aus der *Ibex*-Zone.

Die Fauna von Ballino umfaßt nach der Monographie von O. HAAS (l. c. p. 132 ff.) 69 Ammonitenarten, von denen 80% ein rein mittelliassisches Gepräge tragen. Nur drei Spezies finden sich auch im mitteleuropäischen Lias, nämlich *Arietites retrorsicosta* OPP. aus dem schwäbischen Mittelias (δ), ferner *Harpoceras (Lioceras) elegans* Sow. und *H. (Polyplectus) discoides* ZIET. Die beiden letzteren sind sonst nur aus der Zone des *H. serpentinum* in England und aus QUENSTEDT's Lias ζ in Schwaben bekannt. Sie gehen also im Lias von Ballino erheblich tiefer hinab.

Bekannt ist ferner, daß die Zonen im alpinen Lias sich weniger scharf voneinander trennen als im mitteleuropäischen Lias, daß sie insbesondere durch eine viel größere Zahl gemeinsamer Arten in dem ersteren zusammengehalten werden. Gerade die leitenden

¹ W. KILIAN et A. GUEBHARD, Système jurass. dans les Préalpes Maritimes etc. Bull. Soc. géol. France. 4 sér. 2. 1902. p. 791.

² Indessen erwähnt auch E. HAUG (Traité de Géologie. II. p. 961) das Zusammenvorkommen von *Arietites (Echioceras) raricostatus* mit *Oxynoticeras oxynotus* im Unterlias von Lothringen.

³ E. BOESE, l. c. p. 745. — G. GEYER, Über die liassischen Cephalopoden des Hierlatz bei Hallstatt. Abhandl. k. k. Geol. Reichsanst. 12/4. 1886. p. 277.

⁴ G. GEYER, Die mittelliassische Cephalopodenfauna des Hinterschafberges. Abhandl. k. k. Geol. Reichsanst. Wien. 15/4. 1893. p. 75.

Ammonitengenera des alpinen Typus *Phylloceras*, *Rhacophyllites*, *Lytoceras* weisen eine sehr große Zahl langlebiger Spezies auf. Die häufigsten Spezies pflegen uns daher bei der Niveaubestimmung einer alpinen Liasfauna in der Regel im Stich zu lassen, so auch in der Fauna von Ballino, deren häufigste Art, *Rhacophyllites libertus* GEMM., im unteren und mittleren Lias des Apennin gleichmäßig verbreitet ist¹.

Sehr bezeichnend sind endlich die Unterschiede in der vertikalen Verbreitung einiger wichtiger Zonenammoniten im mitteleuropäischen Lias und in den gleichalterigen Ablagerungen des mittleren Portugal, die nach RENZ eine ungewöhnliche Mächtigkeit besitzen und die neritischen Sedimente eines sehr flachen Meeres darstellen. Die einzelnen von CHOFFAT unterschiedenen und mit den Namen der Zonenammoniten OPPEL's versehenen Schichtgruppen sind nicht die genauen Äquivalente der betreffenden mitteleuropäischen Ammonitenzonen. Durch C. RENZ² und E. MEISTER³ wissen wir, daß in den mittelliassischen und oberliassischen Bildungen Portugals alle Zonen des OPPEL'schen Normalprofils vertreten sind, daß aber die Zonen im einzelnen nicht dieselbe vertikale Verbreitung der Ammoniten zeigen wie in England oder in Schwaben. Insbesondere erfreuten sich manche charakteristische Arten in Portugal einer längeren Lebensdauer und verlieren daher dort jenen Charakter von Leitformen, der ihnen für die mitteleuropäischen Zonen zukommt.

Lytoceras fimbriatum Sow. ist nach POMPECKJ⁴ im schwäbischen

¹ Noch viel auffallendere Unterschiede in der Niveaubeständigkeit als bei den Ammoniten trifft man bei den Posidonomyen in der mitteleuropäischen und mediterranen Juraregion an. In Mitteleuropa sind einige Spezies der Gattung *Posidonomya* infolge der zeitweiligen Einwanderung aus der mediterranen Region in ganz bestimmten Perioden auf eine oder einige wenige Zonen beschränkt und für diese fast ebenso charakteristisch als die meisten Ammoniten. Dagegen sind sie im mediterranen Juragebiet, ihrer eigentlichen Heimat, niveaunbeständig, wie sich das insbesondere aus den Untersuchungen von RENZ (Die Entwicklung des Dogger im westlichen Griechenland. Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst. 56. 1906. p. 757) deutlich gezeigt hat.

² C. RENZ Stratigraphische Untersuchungen im portugiesischen Lias. Dies. Jahrb. 1912. I. p. 58—90.

³ E. MEISTER, Zur Kenntnis der Ammonitenfauna des portugiesischen Lias. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 65. 1913. p. 518—586.

⁴ J. POMPECKJ, Beitrag zu einer Revision der Ammoniten des schwäbischen Jura. Jahresh. f. vaterl. Naturkunde i. Württemberg. 52. 1896. p. 117.

Lias noch niemals unterhalb der *Davoei*-Zone gefunden worden, wird jedoch in Portugal schon im Niveau des *Ammonites Maugenesti* (CHOFFAT) angetroffen, das der *Ibex*-Zone entspricht.

Lytoceras cornucopiae YOUNG et BIRD ist in Schwaben auf die Zone der *Posidonomya Bronni* beschränkt, während es in Portugal sich von der oberen Grenze des Mittellias bis in die *Bifrons*-Schichten verbreitet.

Amaltheus (Paltoleuroceras) spinatus BRUG. ist nicht, wie in Württemberg, auf die Hochregion des mittleren Lias beschränkt, sondern geht noch in den Oberlias hinauf. Mit ihm zusammen kommt *Amaltheus margaritatus* vor, der aber in Portugal auch noch die *Capricornu*-Schichten CHOFFAT's charakterisiert.

Arietites retrorsicosta OPP. ist in Portugal von der Zone des *Microceras capricornu* CHOFFAT's bis in die *Bifrons*-Schichten verbreitet.

Das sonst typisch mittelliassische *Coeloceras Davoei* Sow. reicht in Portugal bis in die *Bifrons*-Schichten hinauf. Von anderen *Coeloceras*-Arten findet sich *C. pettos* QUENST., das in Mitteleuropa die Zone der *Dumortieria Jamesoni* zu bezeichnen pflegt, aber in Frankreich noch in die *Davoei*-Zone reicht, in Portugal sogar noch in der Unterregion des Oberlias. *Coeloceras commune* Sow. erscheint in Portugal schon in der Oberregion des Mittellias (Schichten mit *Amaltheus spinatus*) und reicht bis in den *Discoides*-Horizont an der unteren Grenze der *Bifrons*-Schichten.

Dagegen weist *Dumortieria (Uptonia) Jamesoni* Sow. die gleiche Verbreitung wie in Süddeutschland auf, indem es von der Basis des mittleren Lias bis in die *Ibex*- und *Davoei*-Zone emporsteigt. Eine viel beschränktere Verbreitung als in Mitteleuropa zeigt auf der anderen Seite *Harpoceras (Polyplectus) discoides* ZIET., das sonst in den verschiedensten Zonen von der Oberregion des Mittellias bis in den unteren Dogger angetroffen wird, in Portugal jedoch einen ganz bestimmten Horizont an der Unterkante der eigentlichen *Bifrons*-Schichten ausschließlich kennzeichnet.

Nach solchen Erfahrungen kann es nicht wundernehmen, wenn wir in verschiedenen Faunenreichen selbst in der vertikalen Verbreitung der Gattungen erhebliche Verschiebungen eintreten sehen. Das auffallendste Beispiel in dieser Hinsicht bietet die Gattung *Macrocephalites* SUTN. Sie erscheint in Europa zuerst als Seltenheit im oberen Bathonien, erreicht ihre **Akme** im unteren

Kelloway und geht nach aufwärts über die Stufe des Kelloway kaum hinaus. Den einzigen Anhaltspunkt für ihre eventuelle Vertretung im europäischen Oxford — wenn wir den stratigraphischen Umfang dieser Stufe im Sinne OPPEL's fixieren — gewährt TORQUIST's¹ Beschreibung einer dem indischen *Macrocephalites opis* Sow. sehr ähnlichen Form aus dem Terrain-à-chailles der Westschweiz. Dagegen sehen wir das Genus *Macrocephalites* im himalayischen Faunenreich noch im ganzen Oxford in reicher Formenfülle vertreten. Aus dem Oxford von Kutch, Niederländisch-Indien und Madagaskar sind uns durch WAAGEN, G. BOEHM und LEMOINE² zahlreiche Arten dieser Gattung bekannt geworden. In Mexiko steigt *M. epigonus* BURCKH., ein naher Verwandter des *M. macrocephalus*, gar bis ins Kimmeridge hinauf³. Auch im Oberjura von Analalava auf Madagaskar kommen Macrocephaliten noch in dieser Jurastufe, vergesellschaftet mit Aspidoceren aus der Gruppe des *Aspidoceras acanthicum*, vor⁴.

Wollte man nach dem Vorschlage BUCKMAN's Zeitalter auf Grund der vertikalen Verbreitung der Ammonitengenera trennen, so würde das „Macrocephalian age“ im andinen und himalayischen Faunenreich UHLIG's eine unvergleichlich längere Zeitdauer als in Europa umfassen.

Der Persistenz des Genus *Macrocephalites* steht in Mexiko das frühzeitige Auftreten von *Craspedites* im oberen Kimmeridge gegenüber, der in Rußland erst in der oberen Wolgastufe, in Norddeutschland in der unteren Kreide beobachtet worden ist.

In der oberen Trias stellt das Zusammenvorkommen der

¹ A. TORQUIST, Über *Macrocephalites* im Terrain-à-chailles. Abhandl. Schweizer Paläontol. Ges. 21. 1894. p. 26. — In der Umgebung von Hildesheim geht das Genus *Macrocephalites* nach MENZEL (Der Galgenberg und das Vorholz bei Hildesheim. Dies. Jahrb. 1902. I. p. 48) noch mit einer beträchtlichen Zahl von Arten in den Ornatenton hinauf.

² Alle von TORQUIST und A. DE LORIOU zu *Macrocephalites* gestellten Arten aus dem Oxford der Schweiz mit Ausnahme des *M. opis* Sow. werden von P. LEMOINE (Ammonites du Jurassique supérieur du cercle d'Analalava, Madagascar. Annales de Paléontol. 5. Paris 1910. p. 22) in einem neuen Genus, *Tornquistes*, vereinigt, das sich enger an *Stephanoceras* als an *Macrocephalites* anschließen soll.

³ C. BURCKHARDT, La faune jurassique de Mazapil. Inst. geol. de Mexico. Bol. No. 23. 1906. p. 20, 159.

⁴ P. LEMOINE, Sur le Jurassique d'Analalava. Bull. Soc. géol. France. 4 sér. 5. 1905. p. 579.

Gattungen *Trachyceras* LBE. und *Tropites* MOJS. im Hosselkus limestone Californiens einen ähnlichen Fall dar, da in Europa *Tropites* stets erst nach dem Erlöschen des Genus *Trachyceras* auftritt.

Die hier mitgeteilten Stichproben, deren Zahl wohl noch erheblich vermehrt werden könnte, reichen zu dem Beweise hin, daß die Lebensdauer vieler als leitend für bestimmte Zonen angesehenen Arten die Dauer eines Zonenmoments überschreitet¹, daß weder der Beginn noch das Ende der Biozonen der hier aufgezählten Ammonitenspezies mit bestimmten Zonenmomenten genau und für alle Gegenden zusammenfällt². Keinesfalls entsprechen daher OPPEL's Zonen der Forderung NEUMAYR's an ein Einheitsmaß für die geologische Gliederung, welches die mittlere Durchschnittsdauer einer Mutation WAAGEN's beziehungsweise einer Spezies OPPEL's bei den Ammoniten repräsentieren soll. Die Zahl der Ausnahmen von dieser Regel NEUMAYR's ist vielmehr so groß, daß von einer Gültigkeit der Regel selbst nicht wohl die Rede sein kann.

III. Abschnitt.

Der chronologische Wert der aus der Aneinanderreihung der Zonenmomente ermittelten Zeitskala.

In dem vorangehenden Abschnitt konnte gezeigt werden, daß NEUMAYR's Annahme, eine OPPEL'sche Jurazone entspreche in ihrer Zeitdauer der Durchschnittsdauer der wichtigsten Ammo-

¹ Schon E. W. BENECKE konnte zeigen, daß die vertikale Verbreitung einer größeren Zahl von Ammonitenformen in Schwaben und Lothringen nicht genau die gleiche war und er warnt daher (l. c. p. 562) mit Recht, „nach dem Vorkommen desselben Ammoniten an verschiedenen Fundstellen sofort auf eine genau gleiche zoologische Zone oder Subzone zu schließen“.

² Ich zweifle gar nicht, daß man bei entsprechend enger Artfassung die Beschränkung einer ganzen Reihe der hier mitgeteilten Arten auf ein bestimmtes Niveau zu beweisen instand sein dürfte, sobald man alle nicht auf das genaueste mit dem Arttypus übereinstimmenden Formen aus der betreffenden Spezies ausscheidet. Ich mache jedoch darauf aufmerksam, daß dieses naheliegende Verfahren eine zweiseidige Waffe darstellt, indem durch eine so enge Speziesfassung auch der Wert der Art als Leitform außerordentlich eingeschränkt wird, da der Nachweis einer größeren horizontalen Verbreitung so enge gefaßter Arten kaum gelingen dürfte. Wenn wir NEUMAYR's Gedankengang folgen, so müssen wir uns eine Speziesfassung zu eigen machen, die sich von jener OPPEL's nicht allzu weit entfernt.

nitentarten, durch die Tatsachen nicht bestätigt wird. Damit werden seine Voraussetzungen für eine gleich lange Dauer der einzelnen Zonenmomente hinfällig. Es gibt noch andere, kaum weniger schwerwiegende Gründe, die die Verwendbarkeit der Ammonitenzonen als Maßeinheit für die Dauer geologischer Ereignisse ausschließen. Diese Gründe ergeben sich aus dem Wesen der Zonengliederung selbst und haben insbesondere durch die Entwicklung, welche die Methode der Zonengliederung gerade innerhalb der letzten zwanzig Jahre genommen hat, eine weitere Vertiefung erfahren.

Die Aufstellung der Zonen basiert auf dem Studium und der Vergleichung der Lokalfaunen. Wie einen Typus der Art oder Gattung gibt es auch einen Typus der Zone. Die typische Ausbildung einer Zone knüpft an ein bestimmtes Profil, an eine bestimmte Lokalfauna an einer bestimmten Lokalität an. Selten stimmt eine neu entdeckte Lokalfauna in ihrer Zusammensetzung genau mit einer bereits bekannten überein, die eine bestimmte Zone als solche kennzeichnet. Sobald sich in der Zusammensetzung einer neu entdeckten, reichen Lokalfauna wesentliche Abweichungen von den bisher bekannten, typischen Zonenfaunen ergeben, entsteht die Frage, ob sie eine selbständige Entwicklungsphase in der Meeresfauna der betreffenden Formation oder Stufe repräsentiert und demgemäß als eine besondere Zonenfauna ausgeschieden zu werden verdient.

Die Entscheidung einer solchen Frage mag strittig sein. Wir haben noch innerhalb des letzten Jahrzehnts eine Diskussion über die Frage erlebt, ob einer der reichsten Marinfraunen der südalpinen Trias, jener der Pachycardientuffe der Seiser Alpe, die Stellung einer selbständigen, eine besondere Zone bezeichnenden Fauna zuzuerkennen sei oder nicht. K. v. ZITTEL¹ hat sie in bejahendem, KOKEN² in verneinendem Sinne beantwortet. Allerdings handelt es sich hier um eine triadische Fauna, die ungewöhnlich arm an Cephalopoden ist, also gerade an Vertretern jener Tiergruppe, die bei der Gliederung mesozoischer Sedimente den höchsten Wert beanspruchen dürfen.

¹ K. v. ZITTEL, Über Wengener, St. Cassianer und Raibler Schichten auf der Seiser Alpe in Tirol. Sitz.-Ber. Kgl. Bayr. Akad. d. Wiss. München. 29. 1899. p. 341—359.

² E. KOKEN, Zur Geologie Südtirols. Centralbl. f. Min. etc. 1911. p. 572.

Ich selbst habe seinerzeit gegenüber NOETLING¹, der in der Fauna der *Otoceras* beds des Himalaya drei selbständige Faunen unterscheiden wollte, deren Einheitlichkeit betont. Bei der Entscheidung derartiger Streitfragen wird eben das persönliche Moment schwer auszuschneiden sein. Denn die Berechtigung, eine Fauna zur Grundlage der Aufstellung einer besonderen Zone zu machen, kann nicht an einen bestimmten Prozentsatz von dieser Fauna eigentümlichen Arten geknüpft werden, um so weniger, als es nicht gleichgültig ist, ob jene Arten nur den Charakter von Lokalformen tragen oder eine weite Verbreitung besitzen.

Der Optimismus war daher keineswegs berechtigt, mit dem E. v. MOJSISOVICS im Jahre 1879 seiner Überzeugung Ausdruck gab, daß bei der Aufstellung der paläontologischen Zonen das subjektive Ermessen des einzelnen Forschers erheblich beschränkt sei. Das subjektive Ermessen, oder, wie es E. v. MOJSISOVICS an einer anderen Stelle zarter umschrieben hat, das paläontologische Taktgefühl des einzelnen Forschers wird auch bei der Entscheidung über die Selbständigkeit von zwei einander nahestehenden Faunen, beziehungsweise der mit denselben korrespondierenden Zonen, erheblich ins Gewicht fallen.

Theoretisch durchaus möglich ist der folgende Fall. Die Untersuchung einer kontinuierlichen, lückenlosen Schichtfolge führt in einer Reihe von Profilen zur Trennung von zwei Zonen *A* und *B*, deren jede zwölf Ammonitenarten enthält. In einigen Profilen sind die Faunen der beiden Zonen so scharf geschieden, daß nicht eine einzige Art denselben gemeinsam ist, die tiefere Zone *A* vielmehr ausschließlich die zwölf Spezies *a* bis *n*, die höhere Zone *B* die Spezies *o* bis *z* geliefert hat. Außerdem aber gibt es ein Profil, in dem aus der tieferen Zone *A* noch die Spezies *a* zu den für die jüngere Zone *B* bezeichnenden Arten hinzutritt. In einem zweiten Profil gesellt sich nur *b*, in einem dritten *c*, usw. der sonst unveränderten Fauna der jüngeren Zone *B* bei. Diesen beiden Schichtgruppen müßte der Charakter selbständiger Faunenzonen unbedingt zugesprochen werden, obwohl sämtliche Arten der Zone *A* noch in die Zone *B* hinaufgehen. Denn in jedem einzelnen der

¹ Vergl. insbesondere: F. NOETLING, Über das Alter der *Otoceras*-Schichten von Rimkin Paiair im Himalaya. Dies. Jahrb. Beil.-Bd. XVIII. 1904. p. 541, und C. DIENER, Über die stratigraphische Stellung der *Otoceras* beds des Himalaya. Centralbl. f. Min. etc. 1905. p. 2.

untersuchten Profile reicht das Hineinragen eines einzigen Elements aus der älteren in die jüngere Fauna gewiß nicht zu einer so weitgehenden Änderung ihres Charakters aus, daß ihr stratigraphischer Wert dadurch beeinflußt würde. In einem solchen Falle aber würden die Faunen beider Zonen sich aus Arten von ganz verschiedener Lebensdauer zusammensetzen. Die Lebensdauer der Arten a bis n würde dem Zeitmoment der Zonen $A + B$, jene der Arten o bis z nur dem Zeitmoment der Zone B gleich sein, d. h. unter der Voraussetzung der gleichen Länge beider Zeitmomente würden sämtliche Arten der Zone A genau doppelt so lange gelebt haben als jene, die nur in der Zone B auftreten.

Solchen Verhältnissen begegnet man in der Praxis allerdings nicht. Bei der Vergleichung der Faunen von zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Zonen kann man vielmehr drei Elemente in der Regel deutlich unterscheiden: 1. Arten, die aus der tieferen Zone unverändert in die höhere aufsteigen, 2. Arten, die an jene der älteren Zone sich so nahe anschließen, daß sie als die direkten Nachkommen derselben angesehen werden können, d. h. Mutationen im Sinne WAAGEN's und NEUMAYR's darstellen, 3. Arten, die fremdartigen, in der höheren Zone unvermittelt auftretenden Formengruppen angehören. Gerade diese letzteren prägen der jüngeren Zone den ihr eigentümlichen Faunencharakter auf und erleichtern ihre Wiedererkennung in den verschiedenen Profilen. Schon NEUMAYR hat darauf hingewiesen, daß im mitteleuropäischen Jura infolge der gelegentlichen Invasion unvermittelt auftretender Cephalopodentypen die Zonen sich wesentlich schärfer trennen und daß deren Unterscheidung sich leichter durchführen läßt als im alpinen Jura. Die Zahl der einer bestimmten Zone eigentümlichen und zugleich leicht erkennbaren Formen wird daher in jenen Gegenden am geringsten sein, wo die Mehrzahl der Ammonitenstämme sich in normaler Weise entwickelt hat und nicht durch das plötzliche Erscheinen ortsfremder Gruppen abgelöst wird. In KILIAN's Zonengliederung der unteren Kreide Südfrankreichs tritt diese Tatsache in besonders auffallender Weise in Erscheinung.

Greifen wir aus den fünfzehn Zonen der südfranzösischen Unterkreide gleich die erste, jene des *Hoplites Boissieri*, heraus, die nach W. KILIAN¹ trotz ihres Übergangshabitus zum Obertithon

¹ W. KILIAN, Unterkreide. Lethaea mes. l. c. II. Liefg. 1910. p. 169, 171, 197.

einerseits und zum mittleren Valangien andererseits paläontologisch gut charakterisiert und sogar noch in drei Subzonen teilbar ist, so finden wir, daß eine ganze Reihe von Arten der Gattungen *Phylloceras*, *Lytoceras*, *Lissoceras* ohne jede Veränderung aus dem obersten Tithon bis ins mittlere Valangien aufsteigt. Die Zahl solcher indifferenten Ammonitentypen im Berriasien ist 8. Aber auch unter den stratigraphisch empfindlicheren Arten sind noch 17 mit dem Obertithon gemeinsam und 8 gehen in die nächst höhere Zone des *Hoplites Roubaudianus* hinauf, so daß nur 31 für unsere Zone charakteristische Spezies übrigbleiben.

Noch viel weniger scharf geschieden sind die beiden Zonen, die dem mittleren und oberen Valangien entsprechen, jene des *Hoplites Roubaudianus* und des *Saynoceras verrucosum*. Die untere besitzt nur 3, die obere 6 für sie ausschließlich bezeichnende Ammonitenarten, die aber keineswegs zu den häufigsten gehören. Das ist ein außerordentlich geringer Prozentsatz, wenn man in Betracht zieht, daß beide Zonen zusammengenommen nicht weniger als 20 Spezies mit dem Obertithon und Berriasien, 16 mit dem Hauterivien gemeinsam haben, daß die letztere Zahl sich aber auf 32 erhöht, wenn man die Fauna aus den Grenzschichten beider Bildungen in Anschlag bringt.

Die Trennung der Zonen KILIAN's ist mehr auf die Häufigkeit gewisser Elemente in einer Faunengesellschaft als auf das Erscheinen bestimmter neuer Arten in der letzteren begründet. Seine Zonen sind ohne Zweifel wesentlich enger gefaßt als OPPEL's Jurazonen, aber auch als A. DE GROSSOUVRE's Ammonitenzonen der französischen Oberkreide. Die Zeitmomente, die den Zonen dieser beiden Forscher entsprechen, sind also keinesfalls miteinander in bezug auf ihre Länge direkt vergleichbare Größen. Von einer Erfüllung der Forderung NEUMAYR's, daß die Mehrzahl der verbreitetsten Meerestiere, insbesondere der Ammoniten, die Grenze von zwei Zonen nicht überschreiten solle, kann bei KILIAN's Zonen nicht einen Augenblick die Rede sein. Die Biozonen der meisten untercretacischen Ammonitenarten reichen über das Zeitmoment einer einzelnen Zone KILIAN's erheblich hinaus.

Überhaupt sehen wir in der letzten Zeit mit der Tendenz einer engeren Fassung der Arten und Gattungen auch eine engere Fassung der Zonen Hand in Hand gehen.

Es ist bekannt, daß OPPEL's Zonen, was die Selbständigkeit

ihrer Einzelfaunen betrifft, einander keineswegs gleichwertig sind. Dies gilt insbesondere für den Malm, dessen Zoneneinteilung sich in Süddeutschland ja überhaupt weitaus schwieriger durchführen ließ als jene des Lias und Dogger. Schon die Trennung der *Cordatus-* (oder wie sie ursprünglich von OPPEL genannt wurde, *Biarmatus-*) Zone und der *Transversarius-*Zone läßt sich selten einwandfrei vornehmen. Es sei hier an UHLIG's Untersuchungen im Jura der Umgebung von Brünn erinnert. UHLIG¹ glaubte die Möglichkeit einer gegenseitigen, wenigstens teilweisen Vertretung der *Cordatus-* und *Transversarius-*Schichten nicht ausschließen zu dürfen. Beide könnten — meinte er — in manchen Gegenden heteropische Fazies eines und desselben geologischen Horizonts darstellen. J. NEUMANN² hat über die Cephalopodenfauna der Klippe von Czetechowitz ausführlich berichtet. Die Fauna stammt aus zwei Kalkbänken von zusammen 2,3 m Mächtigkeit und gehört der *Cordatus-* und *Transversarius-*Zone an, ohne daß eine scharfe Trennung nach beiden Zonen möglich wäre. Außer den Fossilien, die aus dem anstehenden Gestein der Klippe selbst gewonnen wurden, lagen dem Beobachter noch zwei reiche Faunen, die eine aus einem weißgrauen, die andere aus einem roten Mergelkalk vor, deren Gestein anstehend nicht bekannt war. Trotz des Artenreichtums erwies sich auf Grund der Untersuchung der beiden Faunen eine Entscheidung der Frage unmöglich, ob man es hier mit einer Fauna der *Cordatus-* oder der nächstjüngeren Zone zu tun habe.

Noch geringeren Anforderungen an Selbständigkeit genügt die Fauna der Zone des *Peltoceras bimammatum*, deren innigen Zusammenhang mit jener der *Transversarius-*Zone schon OPPEL³ selbst zugegeben hat. Auch P. CHOFFAT nennt diese Fauna „modeste et moins independante que les deux faunes, entre lesquelles elle est intercalée“⁴. Nur ausnahmsweise, wie an der Schwedenschanze bei Brünn, liegt die *Bimammatus-*Fauna in voller Reinheit vor⁵.

¹ V. UHLIG, Die Jurabildungen in der Umgebung von Brünn. Beitr. z. Paläontol. Österr.-Ung. etc. I. 1882. p. 137.

² J. NEUMANN, Die Oxfordfauna von Czetechowitz. Beitr. z. Paläontol. u. Geol. Österr.-Ung. etc. 20. 1907. p. 61.

³ A. OPPEL, Die Zone des *Ammonites bimammatus*. Paläontol. Mitteil. aus d. Museum d. Bayr. Staates. 3. p. 167.

⁴ P. CHOFFAT, Ammonites du Lusitanien de la contrée de Torres Vedras. Description de la faune jurass. du Portugal. Lisbonne 1893.

⁵ J. OPPENHEIMER, Der Malm der Schwedenschanze etc., l. c. p. 225.

Einige Forscher haben seither das Bedürfnis gefühlt, zwischen die *Bimammatus*- und *Tenuilobatus*-Zone im süddeutschen Oberjura noch eine Zwischenzone einzuschieben, so HAIZMANN¹ (Zone der *Sutneria platynotus*) oder gar sowohl das Oxford als die *Tenuilobatus*-Zone OPPEL's in weitere Unterabteilungen zu gliedern. So zerlegt A. DE GROSSOUVRE² das Rauracien im Pariser Becken in zwei Zonen, denen *Peltoceras bimammatum* gemeinsam ist, während er unterhalb der *Cordatus*-Zone noch die beiden Zonen des *Cardioceras Suessi* (DOUVILLÉ's³ Zone des *Cardioceras* [*Quenstedtoceras*] *praecordatum*) einschaltet. Ebenso scheidet ENGEL⁴ in den *Bimammatus*-Schichten eine tiefere, eigentliche Zone des *Peltoceras bimammatum* und eine höhere des *Idoceras planula* aus und ersetzt OPPEL's Zone der *Oppelia tenuilobata* durch die fünf von unten nach oben folgenden Zonen der *Sutneria platynotus*, des *Perisphinctes polyplocus*, der *Oppelia Uhländi*, des *Idoceras Balderus* und des *Aulacostephanus pseudomutabilis*. In Nordwestdeutschland, wo sich die Entwicklung des Kimmeridge und Portland derjenigen in England und Nordfrankreich näher anschließt zerlegt H. v. SALFELD⁵ OPPEL's *Transversarius*-Schichten in zwei, die *Bimammatus*-Schichten in fünf, die *Tenuilobatus*-Schichten in vier, die *Steraspis*-Schichten in zwei Einzelzonen. Dabei wird allerdings zugegeben, daß die Parallelisierung zwischen der nordwest- und süddeutschen Zonenfolge sich nur in sehr gekünstelter Weise durchführen lasse und daß einer zukünftigen stratigraphisch-paläontologischen Erforschung des faunistischen Inhalts der neuen Zonen in Süddeutschland noch ein weites Feld offen stehe.

Im Dogger wird die faunistische Selbständigkeit der Zone des *Stephanoceras Humphriesianum* OPPEL's durch die Abtrennung einer besonderen Zone des *Sphaeroceras (Emileia) Sauzei*, die OPPEL

¹ W. HAIZMANN, Der Weiße Jura γ und δ in Schwaben. Dies. Jahrb. Beil.-Bd. XV. 1902. p. 473—561.

² A. DE GROSSOUVRE, Oxfordien et Rauracien de l'Est et du Sudouest du Bassin de Paris. Bull. Serv. carte géol. de France. No. 58. (9.) 1897/98.

³ R. DOUVILLÉ, Observations sur la zone à *Quenstedtoceras praecordatum*. Bull. Soc. géol. France. C. R. des séances. 1912. p. 113.

⁴ TH. ENGEL, Geognostischer Wegweiser durch Württemberg, l. c. p. 404.

⁵ H. v. SALFELD, Die Gliederung des oberen Jura in Nordwesteuropa etc. Dies. Jahrb. Beil.-Bd. XXXVII. 1914. — Vergl. auch H. v. SALFELD, Die zoogeographische Stellung des süddeutschen Jura. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 65. 1913. Monatsber. p. 441.

selbst schon im Jahre 1858 in Aussicht genommen hatte, wesentlich beeinträchtigt. HAUG¹ betont, daß sie eine sehr große Zahl von Arten einerseits mit der *Sauzei*-Zone, andererseits mit der jüngeren Zone des *Cosmoceras bifurcatum* (OPPEL's *Parkinsonii*-Zone) gemeinsam habe, ja daß, strenge genommen, ihr nur zwei Ammonitenarten, *Sonninia Romani* OPP. und *Sonninia pinguis* ROEM. eigentümlich seien. Da *Stephanoceras Humphriesianum* in der *Sauzei*-Zone sowohl als in der nächstjüngeren Zone vorkommt, schlägt HAUG für die letztere die neue Bezeichnung „Zone der *Sonninia* (später *Witchellia*) *Romani*“ vor².

¹ E. HAUG, Les chaînes subalpines entre Gap. et Digne. Bull. Serv. carte géol. France. 3. No. 21. Paris 1891. p. 69—72.

² Wie ich glaube, mit Unrecht, da die historische Priorität zugunsten des Namens *Humphriesianus*-Zone spricht. Übrigens hat sich schon PH. GLANGEAUD (Le Lias et le Jurassique moyen en bordure a l'ouest du plateau central. Bull. Soc. géol. France. 3 sér. 23. 1895. p. 35) nicht an HAUG's Vorschlag gehalten, sondern OPPEL's *Humphriesianus*-Zone im aquitanischen Becken nach einem anderen Leitammoniten, *Stephanoceras Blagdeni*, benannt.

Wollte man jedesmal den Namen einer Zone ändern, sobald der namengebende Leitammonit sich als zonenbrechend erwiesen hat, so würde man aus der Verwirrung überhaupt nicht mehr herauskommen. Da *Parkinsonia Parkinsonii* aus dem Bajocien in die Bathstufe hinaufgeht, hat HAUG (l. c. p. 72) OPPEL's Bezeichnung der *Parkinsonii*-Zone im Jahre 1891 durch den Namen „Zone des *Cosmoceras subfurcatum*“ ersetzt; aber später (Traité de Géologie. 2. p. 998) dieselbe Zone nach dem *Cosmoceras (Garantiana) Garantianum* umbenannt. Aus dem gleichen Grunde könnte man die Namen „Zone der *Oppelia fusca*“ und „Zone der *O. aspidoides*“, die HAUG ohne Widerspruch übernommen hat, beanstanden, da keine dieser beiden Spezies für eine bestimmte Zone ausschließlich leitend ist. Auch die Bezeichnung „Zone des *Amaltheus margaritatus*“ ließe sich nicht aufrecht erhalten, da bekanntlich *A. margaritatus* in seiner vertikalen Verbreitung weit über jene Zone hinausgeht.

Wenn HAUG ferner die Bezeichnung „Zone des *Pelloceras bimammatum*“ in „Zone des *P. bicristatum*“ abändert, weil RASPAIL's Name für den betreffenden Ammoniten vor jenem QUENSTEDT's das Prioritätsrecht besitzt (vergl. W. KILIAN et A. GUEBHARD, Etudes paléontol. et stratigraph. du système jurass. des Préalpes Maritimes. Bull. Soc. géol. Franc. 4 sér. 2. 1906. p. 768), so müßte man konsequenterweise auch den alteingebürgerten Namen *Transversarius*-Zone fallen lassen, seit H. v. SALFELD (Beitrag zur Kenntnis des *Pelloceras Toucasii* ORB. und *P. transversarium* QUENST. Dies. Jahrb. 1906. I. p. 81) zeigen konnte, daß OPPEL bei seiner Namengebung ohne Zweifel A. d'ORBIGNY's *Ammonites Toucasianus* und nicht die sehr seltene Art QUENSTEDT's aus den Birmensdorfer Schichten vor Augen gehabt hat.

Ich bin der Meinung, daß die alten Zonenamen, soweit sie in der Literatur eingebürgert und durch keine falsche Anwendung diskreditiert erscheinen,

Als das am besten gesicherte Objekt der Zoneneinteilung hat stets der Lias gegolten. In bezug auf diesen stimmen ja die Ergebnisse der Untersuchungen QUENSTEDT's und OPPEL's in der Sache, wenn auch nicht in der Form durchaus überein. Gleichwohl sieht man auch hier in neueren Arbeiten Veränderungen gegenüber dem alten OPPEL'schen Zonenschema Platz greifen. So verspricht BRANDES¹ eine detailliertere Zonengliederung des unteren und mittleren Lias als jene OPPEL's zu begründen. In seiner Gliederung umfassen der untere und mittlere Lias elf Zonen, von denen die tiefste wieder in drei Subzonen untergeteilt wird. Die Unterstufe des mittleren Lias zerfällt bei ihm in drei statt wie bisher in zwei Zonen (Zone der *Dumortieria Jamesoni*, Zone des *Coeloceras Centaurus*, Zone der *Aegoceras capricornu*).

Weit größere Wandlungen in der herkömmlichen Zonengliederung haben die geologischen Untersuchungen während der beiden letzten Dezennien im oberen Lias und untersten Dogger gebracht.

Im Jahre 1892 begründete E. HAUG² MEYER-EYMAR's Stufe des Aalenien für den untersten Dogger und unterschied in demselben die vier Zonen der *Dumortieria pseudoradiosa*, des *Harpoceras (Lioceras) opalinum*, des *Harpoceras (Ludwigia) Murchisonae* und

aus solchen formellen Gründen nicht aufgegeben werden dürfen. Der dadurch entstehende Nachteil einer Erschwerung der Literaturbenützung würde durch den nur vorübergehenden Vorteil, eine Zone durch den Namen eines ihr ausschließlich eigentümlichen Leitammoniten bezeichnet zu sehen, nicht aufgewogen werden. Denn wer garantiert uns, daß nicht auch der letztere sich in Kürze ebenfalls wieder als zonenbrechend erweist und dann durch eine neue Spezies ersetzt werden muß? Selbst der Nachweis BUCKMAN's (Ammonites of the Inferior Oolite series. Palaeontograph. Soc. London. 1887/1907. p. 63), daß der Typus der *Sonninia Sowerbyi* MILL. im englischen Dogger in den Schichten mit *Emileia Sauzei* liege, berechtigte meiner Ansicht nach HAUG noch keineswegs zu einer Streichung der *Sowerbyi*-Zone OPPEL's und WAAGEN's. Eine Zone, die durch das erste Auftreten der beknoteten Sonninien gekennzeichnet wird, läßt sich trotz der Einschlebung der Zone des *Harpoceras concavum* über der *Murchisonae*-Zone durch HUDDLESTONE (Gasteropoda of the Inferior Oolite. Palaeontograph. Soc. London 1887. p. 44) auch weiterhin als selbständige Faunenzone aufrecht erhalten, wie das übrigens BUCKMAN (The Ammonites of Dorset and Somerset. Geol. Magazine. 3. dec. 8. 1891. p. 502) später selbst anerkannt hat.

¹ TH. BRANDES, Die Borlinghauser Liasmulde im östlichen Vorlande der südlichen Egge. Dies. Jahrb. 1911 I. p. 137—148.

² E. HAUG, Sur l'étage Aalénien. Bull. Soc. géol. France. 3 sér. 20. 1892. p. CLXXIV.

des *Harpoceras (Lioceras) concavum*. Für den Oberlias hielt er noch an der Zweiteilung in die beiden Zonen des *Dactylioceras commune*, entsprechend der Zone der *Posidonomya Bronni* (QUENSTEDT's ϵ) und des *Lytoceras jurense* (QUENSTEDT's ζ) fest¹. Im Jahre 1895 führte L. BRASIL² in der Normandie eine Unterteilung der *Jurense*-Zone in die beiden Zonen des *Harpoceras (Haugia) variabile* und des *H. (Grammoceras) fallaciosum* durch. Ein Jahr später unterschied ENGEL³ in Württemberg in QUENSTEDT's ϵ zwei Zonen, jene des *Harpoceras falciferum* unten und des *H. (Hildoceras) bifrons* oben und schlug eine Dreiteilung von QUENSTEDT's ζ in die Zonen des *Harpoceras striatulum (Amm. radians depressus* QUENST.), *H. fallaciosum* und *H. Aalense* vor. Auch C. AUTHELIN⁴ unterschied im Oberlias QUENSTEDT's der Umgebung von Nancy eine Zone des *Harpoceras falciferum*, des *H. fallaciosum* und des *H. Aalense*. Von HAUG's Wahl des *Dactylioceras commune* als Leitfossil einer bestimmten Zone glaubte er absehen zu müssen, da diese Spezies die beiden Zonen des *Harpoceras falciferum* und des *H. bifrons* miteinander verknüpft.

BENECKE's⁵ Gliederung des Oberlias und des Aalenien im Elsaß und in Deutsch-Lothringen schließt sich an jene von HAUG und AUTHELIN nahe an. Auch nach ihm läßt QUENSTEDT's ϵ eine Zweiteilung zu, indem die eigentlichen Schiefer mit *Posidonomya Bronni*, *Harpoceras falciferum* und *Harpoceras lythense* tiefer liegen als die *Bifrons*-Schichten. Es folgen als Vertreter von QUENSTEDT's ζ die beiden Zonen des *Harpoceras striatulum* und des *H. fallaciosum*.

¹ Mit dieser Zoneneinteilung haben sich noch P. LORY (Recherches sur le Jurassique moyen entre Grenoble et Gap. Ann. Univers. de Grenoble. 17/I. 1905. p. 127) für das Voralpengebiet des Dauphiné und R. NICKLÈS (La série liasique dans la région de Tournemire, Arveyron. Bull. Soc. géol. France. 4 sér. 7. 1907. p. 569—583) für das Arveyronnais begnügt.

² L. BRASIL, Les divisions de la zone à *Lytoceras jurense* en Normandie. Bull. Soc. Linnéenne de Normandie. 4 sér. 9. Caen 1895. p. 34 ff. — BRASIL's dritte Zone (Zone der *Dumortieria pseudoradiosa*) gehört der heute üblichen Stufeneinteilung zufolge bereits dem Aalenien an.

³ TH. ENGEL, Geognostischer Wegweiser durch Württemberg. 2. Aufl. Stuttgart 1896. p. 195.

⁴ C. AUTHELIN, Sur le Toarcien des environs de Nancy. Bull. Soc. géol. France. 3 sér. 27. 1899. p. 230.

⁵ E. W. BENECKE, Die Versteinerungen der Eisenerzformation von Deutsch-Lothringen etc. Abhandl. Geol. Spezialkarte v. Elsaß-Lothr. N. F. VI. 1905. p. 496 ff.

In der letzteren liegen *Hammatoceras insigne* und *Lytoceras jurense*. Mit der Oberkante der Zone des *Harpoceras fallaciosum* fällt bei BENECKE die Dogger-Liasgrenze zusammen. An Stelle des von HAUG vorgeschlagenen Namens „Zone der *Dumortieria pseudoradiosa*“ setzt BENECKE jenen nach dem Leitammoniten *Dumortieria Levesquei*, da die erstgenannte Art in Lothringen mit *Lioceras opalinum* zusammen vorkommt. *Grammoceras Aalense* geht hier, ebenso wie die Dumortierien, höher hinauf als in Schwaben, bis in das Hauptlager des *Lioceras opalinum*.

Noch ein wenig größer ist die Zahl der Ammonitenzonen, die J. WELSCH¹ im oberen Lias am Westrande des französischen Zentralplateaus ausscheidet. Seine Gliederung ergibt sieben Zonen von der basalen Zone des *Harpoceras falciferum* bis zur Unterkante der *Opalinus*-Zone.

Eine noch schärfere Zonengliederung haben DENCKMANN² und STOLLEY für den gleichen Abschnitt der Juraformation in Nordwestdeutschland durchgeführt. Der erstere teilte den Posidonomyenschiefer (QUENSTEDT's ϵ) in fünf Zonen, denen BODE³ noch eine sechste hinzufügte, indem er DENCKMANN's dritte Zone in zwei selbständige Zonen (jene des *Harpoceras boreale* und des *H. elegans*) spaltete. Die Gliederung der höheren Schichten ist aus der nachstehenden Tabelle (nach DENCKMANN und STOLLEY⁴) ersichtlich.

Zone d. *Harpoceras opalinum*.

„ „ *Lytoceras torulosum*.

„ „ *Dumortieria radiosa* und der *Huddlestonia affinis*.

„ „ *Harpoceras Aalense*.

¹ J. WELSCH, Etude des terrains du Poitou dans le détroit Poitevin etc. Bull. Soc. géol. France. 4 sér. 3. 1903. p. 821.

² A. DENCKMANN, Über die geognostischen Verhältnisse der Umgebung von Dörnten nördlich Goslar, mit besonderer Berücksichtigung der Fauna des oberen Lias. Abhandl. Geol. Spezialkarte v. Preußen. 8/2. Berlin 1887. — Studien im deutschen Lias. Jahrb. Preuß. Geol. Landesanst. 13. 1892. p. 98—115. — DENCKMANN spricht übrigens nicht von der Zone des Ammoniten N. N., sondern von der Bank etc. Als Zonen sind diese kleinen Unterabteilungen der Schichtreihe erst von STOLLEY bezeichnet worden.

³ A. BODE, Orthoptera und Neuroptera aus dem oberen Lias von Braunschweig. Jahrb. Kgl. Preuß. Geol. Landesanst. 1904. p. 219.

⁴ E. STOLLEY, Über den oberen Lias und den unteren Dogger Norddeutschlands. Dies. Jahrb. Beil.-Bd. XXVIII. 1909. p. 286—334.

- Zone d. *Harpoceras dispansum*.
 „ „ *Harpoceras striatulum*.
 „ „ *Harpoceras (Haugia) illustre*.
 „ „ *Harpoceras Doerntense*.
 „ „ *Harpoceras (Lillia) robustum* und des *Lytoceras sublineatum*.

Zwischen die Zonen des *Harpoceras striatulum* und des *H. dispansum* schiebt sich in Lothringen noch jene des *H. fallaciosum* ein. Die Zone des *H. dispansum*, ein in Nordwestdeutschland weit verbreiteter und wichtiger Horizont der *Jurensis*-Stufe, wird von STOLLEY den *Levesquei*-Schichten BENECKE's gleichgestellt, obwohl *Huddlestonia affinis*, eine der bezeichnendsten Spezies der *Levesquei*-Zone, in Norddeutschland erst knapp unterhalb der *Torulosis*-Zone erscheint. Die nur lokal entwickelte Zone der *Dumortieria radiosa* könnte nach STOLLEY vielleicht den *Opalinus*-Schichten gleichwertig sein und diese vertreten.

Auch im englischen Oberlias (QUENSTEDT's ϵ und ζ) hat S. S. BUCKMAN¹ im Jahre 1910 vierzehn Zonen unterschieden, legt jedoch ausdrücklich Verwahrung dagegen ein, daß diese Einteilung als eine Kleingliederung zu betrachten sei, da die Maximalmächtigkeit des Oberlias in England 850 Fuß betrage.

Diese Kleingliederung läßt sich aber im unteren Dogger noch weiter treiben. HORN² hat gezeigt, daß man in den *Murchisonae*-Schichten des Donau-Rhein-Zuges noch mehrere Zonen ausscheiden könne. Schon im Gebiet der Wutach in Baden sind zwei Lager mit verschiedenen Ammonitenspezies — *Lioceras acutum* QUENST. und *Ludwigia obtusa* QUENST. unten, *L. Murchisonae* oben — faunistisch trennbar. Je weiter man aber in der Schweiz nach Süden geht, desto mehr vergrößert sich die Zahl der faunistisch unterscheidbaren Glieder dieser Zone. Auf die Spitze getrieben erscheint diese Kleingliederung bei G. HOFFMANN³, der die *Opalinus*- und *Murchisonae*-Zone in je zwei Hauptzonen, jede von diesen wieder in mehrere Subzonen zerlegt. In den beiden *Opalinus*-

¹ S. S. BUCKMAN, Certain jurassic strata of South Dorset and their correlation. Quart. Journ. Geol. Soc. London. 66. 1910. p. 88.

² E. HORN, Die Harpoceraten der *Murchisonae*-Schichten des Donau-Rhein-Zuges. Mitteil. Großherz. Bad. Geol. Landesanst. 6/1. 1912. p. 257 ff.

³ G. HOFFMANN, Stratigraphie und Ammonitenfauna des unteren Doggers in Sehnde. Inaug.-Diss. Göttingen 1910.

Zonen werden so je zwei Subzonen, in der unteren *Murchisonae*-Zone fünf, in der oberen drei Subzonen unterschieden.

An HOFFMANN's Kleingliederung des Aalenien schließt sich jene des Bajocien durch E. MASCKE¹ an, der an Stelle der drei Zonen OPPEL's (*Sauzei*-, *Humphriesianus*- und *Parkinsonii*-Zone) bis zur Unterkante des Bathonien (im Sinne der Grenzföhrung OPPEL's) neun Zonen unterscheidet.

Kombiniert man BENECKE's, DENCKMANN's, STOLLEY's und HOFFMANN's Zonengliederungen, so erhält man für den Oberlias und das Aalenien zusammen siebzehn bis siebenundzwanzig Zonen an Stelle der sechs Zonen HAUG's.

Es ist selbstverständlich, daß bei einer so sehr ins Detail gehenden Kleingliederung die einzelnen Zonenmomente bei den verschiedenen Autoren eine sehr verschiedene Länge je nach der Fassung der Zone besitzen müssen, daß sie in bezug auf dieses Merkmal überhaupt nicht miteinander vergleichbar sind und daß damit jede Möglichkeit aufhört, sie als Maßeinheit zu benutzen. Die faunistische Selbständigkeit einer jeden dieser Zonen ist überdies wesentlich geringer als jene einer der übergeordneten alten Zonen OPPEL's. Dazu kommt noch, daß die faunistischen Unterschiede sich, was die Ammoniten betrifft, beinahe ausschließlich auf die schwer trennbaren Arten des formenmannigfaltigen Genus *Harpoceras* (im weitesten Sinne) beschränken. An eine Deckung der Biozonen der Leitammoniten, wie des *Harpoceras striatulum* oder *Grammoceras Aalense*, mit den Zeitmomenten der nach ihnen benannten Zonen ist vollends nicht zu denken. Alle diese Formen haben die Zeitmomente der nach ihnen benannten Zonen überdauert. Die Zonen sind nicht auf ihr Vorkommen, sondern auf die Häufigkeitsverhältnisse begründet. Zone des *Harpoceras striatulum* bedeutet nicht, daß *H. striatulum* auf dieselbe beschränkt war, sondern daß es innerhalb dieser Zone seine Blüte erreicht hat,

¹ E. MASCKE, Die *Stephanoceras*-Verwandten in den Coronatenschichten von Norddeutschland. Göttingen 1907. — MASCKE benennt seine Zonen nicht nach Ammonitenarten, sondern nach Gattungen (*Otoides*-Zone, *Stemmatoceras*-Zone etc.). Allerdings sind seine Gattungen so enge gefaßt, daß sogenannte gute Arten im alten Sinne, wie *Ammonites Humphriesianus* Sow., auf vier neue Genera (*Skirroceras*, *Stemmatoceras*, *Stepheoceras*, *Stephanoceras*) verteilt werden. MASCKE folgt hier dem Beispiel OSBORNE's, der seine Säugetierzonen im nordamerikanischen Känozoicum ebenfalls nach Gattungen, nicht, wie sonst üblich, nach Arten, benannt hat.

zur dominierenden Art geworden ist. Eine Annäherung an BUCKMAN's Hemeren ist in dieser Auffassung unverkennbar.

Der fortschreitenden Verfeinerung der Zoneneinteilung liegt eine Tendenz zugrunde, in der NEUMAYR¹ seinerzeit die größte Gefahr für einen Erfolg der Zonengliederung erblickt hat, nämlich jene, die Zonengliederung in eine minutiöse Aneinanderreihung lokaler Horizonte ausarten zu sehen. Während OPPEL noch mit 32, NEUMAYR mit 33 Zonen für den Jura das Auslangen gefunden haben, ist die Zahl der letzteren heute auf mindestens 53 (ohne Hinzurechnung der Zonen des jüngeren Portland in Norddeutschland) gestiegen. H. B. WOODWARD's² Hoffnung, daß mit der Zunahme unserer Kenntnisse die Zahl der Zonen sich allmählich verringern würde, daß z. B. später fünf Zonen für den unteren Lias genügen dürften, hat sich als trügerisch erwiesen.

Auch die alten Zonen OPPEL's waren, was die Selbständigkeit ihrer Faunen betrifft, bereits verschiedenwertig. Die ihnen entsprechenden Zeitmomente repräsentieren jedenfalls ungleiche Zeitabschnitte, zum mindesten liegt kein einziges Argument zugunsten einer gleich langen Dauer der Bildung der einzelnen OPPEL'schen Jurazonen vor. Die neueren, auf feinere faunistische Unterschiede basierten Zonen sind von jenen OPPEL's nur graduell, nicht im Wesen verschieden. Es dürfte kein Mittel geben, einer noch weiter gehenden Zersplitterung und Auflösung der alten Zonen zu steuern, so lange keine Regel die Bedingungen bestimmt, von denen die Errichtung einer Faunenzone abhängig gemacht werden soll. Wie in der Fassung der Ammonitengenera unter den Paläontologen alle Übergänge von ROTHPLETZ bis BUCKMAN vertreten sind, so wird auch kaum eine Einigung darüber zu erzielen sein, welchen Umfang eine Zone haben darf, ob z. B. neben DENCKMANN's oder STOLLEY's Zone des *Harpoceras striatulum* noch eine zweite, nach demselben Leitammoniten benannte Zone BENECKE's von erheblich größerem stratigraphisch-faunistischem Umfang in Geltung bleiben soll.

Für eine zutreffende Beurteilung einzelner Fragen der Formationslehre, wie jener nach dem Verlauf der Lias-Dogger-Grenze in verschiedenen Teilen des Deutschen Reiches, ist diese faunistisch-

¹ M. NEUMAYR, Über unvermittelt auftretende Cephalopodentypen etc. Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst. 28. 1878. p. 40.

² H. B. WOODWARD, l. c. p. 304.

stratigraphische Kleingliederung ohne Zweifel nützlich. Dagegen macht der ungleiche faunistisch-stratigraphische Umfang der Zonen die ihnen entsprechenden Momente für die Messung von Zeitabschnitten gänzlich ungeeignet. Man könnte beinahe sagen, die Brauchbarkeit der Zonen für feinere stratigraphische Korrelationen sei in den beiden letzten Dezennien in demselben Maße gewachsen, als sich ihr Wert für eine gleichmäßige Zeiteilung verringert hat.

K. RIEDEL und E. STOLLEY haben kürzlich eine Gliederung des oberen deutschen Muschelkalkes in Zonen auf Grund der Verteilung der Ceratitenarten entworfen. RIEDEL¹ unterschied im Gebiet nördlich des Harzes neun Ceratitenzonen, von denen die sechste sogar noch einer Unterteilung in vier Subzonen fähig erscheint. Rechnet man noch jene des *Ceratites semipartitus* hinzu, so erhält man für den gesamten oberen deutschen Muschelkalk zehn Zonen, deren Zeitmomente sich mit den Biozonen der leitenden Spezies decken dürften. STOLLEY² ist durchaus im Recht mit seiner Behauptung, daß diese Ceratitenzonen denselben Anspruch auf Wertigkeit erheben dürfen, wie die Harpocerenzonen im oberliasischen Posidonienschiefer. Als Leitformen enger Horizonte, die sich über ein ziemlich weites Verbreitungsgebiet in Deutschland verfolgen lassen, haben die Ceratiten für die Methode und Schärfe der Zoneneinteilung im Muschelkalk die gleiche Bedeutung wie die Harpoceraten im süd- und mitteldeutschen Oberlias. Gleichwohl sind sie anders zu bewerten und zu beurteilen als die auf den Faunenfolgen im alpinen Triasgebiet beruhenden Ammonitenzonen. Wenn man die alpine *Trinodosus*-Fauna jener der Zone des *Ceratites antecedens* im deutschen Muschelkalk gleichsetzt, entsprechen den zehn Ceratitenzonen des oberen deutschen Muschelkalkes in der alpinen Trias nur drei, im besten Falle vier Cephalopodenfaunen, in denen aber ein viel umfassenderer und vollständigerer Faunenersatz zum Ausdruck kommt.

Eine Zonengliederung ist eben nicht nur dann möglich, wenn ein scharfer Faunenwechsel jeden einzelnen fossilführenden Horizont von den benachbarten trennt, sondern auch auf Grund von Unter-

¹ K. RIEDEL, Beiträge zur Paläontologie und Stratigraphie der Ceratiten des deutschen oberen Muschelkalkes. Inaug.-Diss. Berlin 1916.

² E. STOLLEY, Über einige Ceratiten des deutschen Muschelkalkes. Jahrb. Kgl. Preuß. Geol. Landesanst. 37. 1916. p. 139.

schieden, welche sich nur noch auf bestimmte Gattungen einer größeren Gruppe beschränken, vorausgesetzt, daß die zur Unterscheidung der Horizonte herangezogenen Spezies wirklich das ihnen zugewiesene Niveau konstant einhalten und eine größere horizontale Verbreitung aufweisen. Zwischen den Zonen der letzteren Kategorie und jenen, die auf einem durchgreifenden Faunenwechsel beruhen, besteht nur eine graduelle Verschiedenheit. Zwischen beiden Kategorien finden sich alle denkbaren Übergänge. Wie die Genera und Spezies können auch die Zonen enger oder weiter gefaßt werden. Die Art der Fassung aber liegt in allen diesen Fällen — wenigstens innerhalb ziemlich weiter Grenzen — in dem individuellen Belieben des einzelnen Forschers, ist von seinem paläontologischen Taktgefühl abhängig.

Als Maßeinheiten könnten nur Zeitmomente in Betracht kommen, die gleich weit oder eng gefaßten Zonen entsprechen würden, in welchem Falle die gleiche Dauer solcher Zeitmomente allerdings immer erst noch bewiesen werden müßte. Einen solchen Beweis könnte man beispielsweise für die Ceratitenzonen des oberen deutschen Muschelkalkes zu liefern versuchen, keinesfalls jedoch für unsere Jurazonen, mag man die alte Zonengliederung OPPEL'S oder die modernen Kleingliederungen dabei im Auge haben.

Die Hoffnung, bei weiteren Fortschritten in unserer Erkenntnis eine einheitliche Fassung der Zonen zu erzielen, ist um so weniger gerechtfertigt, als die Bedeutung der einzelnen Zonen innerhalb benachbarter Gebiete keineswegs dieselbe bleibt. Niemand wird Bedenken tragen, *Opalinus*- und *Murchisonae*-Zone in Süddeutschland und Lothringen als Großzonen zu trennen, da beide nach ihren Ammonitenfaunen scharf geschieden sind. Dagegen gibt HAUG¹ für die von ihm untersuchte Region des Pariser Beckens über das faunistische Verhältnis beider Zonen zueinander folgendes Urteil ab: „Die Faunen der Zonen des *Harpoceras opalinum* und des *H. Murchisonae* unterscheiden sich nur durch die Häufigkeitsverhältnisse der Formen (par des prédominences des formes). *H. opalinum* und *H. Murchisonae* finden sich in beiden Niveaus.“

Andererseits hält die Gruppe des *Cosmoceras Castor* und *C. Pollux* nur im fränkischen Ornatenton ein ganz bestimmtes Niveau ein, charakterisiert aber hier tatsächlich eine besondere

¹ E. HAUG, Sur l'étage Aalenien, l. c. p. CLXXV.

Faunenzone, die von L. REUTER¹ mit Recht als eine solche ausgeschieden worden ist.

Die stratigraphische Bedeutung einer Zone steht allerdings in einem direkten Verhältnis zu ihrer horizontalen Verbreitung. Nicht so ihr zoologischer Wert. Ob eine Zone mit konstanten faunistischen Merkmalen über ein größeres Gebiet der Erdoberfläche sich verfolgen läßt oder nur an einer einzigen Stelle bisher nachgewiesen sein sollte, bleibt ohne Einfluß auf die Bedeutung jener Zone für die Entwicklungsgeschichte der organischen Welt. Ein typisches Beispiel liefert die Fauna von St. Cassian, die reichste Zonenfauna der Trias, die gleichwohl in voller Reinheit nur aus einem räumlich sehr eng begrenzten Distrikt in den Kalkalpen Südtirols vorliegt, schon in den Nordalpen nur mehr unsichere, jedenfalls unvergleichlich fossilärmere Äquivalente besitzt, außerhalb der Ostalpen (im weiteren Sinne) aber bisher noch nirgends nachgewiesen werden konnte, eine gegenüber der weltweiten Verbreitung der nächstjüngeren Zonen der karnischen Stufe doppelt auffallende Tatsache.

In der faunistischen Kleingliederung einer Schichtfolge verdienen daher Zonen wie jene des *Cosmoceras Castor* und *C. Pollux* im Kelloway der Fränkischen Alp volle Berücksichtigung, wenn man auch nicht erwarten darf, sie außerhalb eines sehr beschränkten Verbreitungsgebietes wieder zu finden. Ist es doch schon ein außerordentlicher Erfolg der Zonenlehre, daß wir wenigstens eine ganz erhebliche Anzahl von Großzonen in weiter Ausbreitung über Kontinente und Meere hinweg feststellen konnten, daß eine im wesentlichen gleiche Faunenfolge im mittleren und oberen Jura Mitteleuropas, Ostindiens und Südamerikas herrscht, daß auch im Andinen Reich UHLIG's zuerst die beknoteten, dann erst die knotenlosen Sonniniens, hierauf die Macrocephaliten erscheinen, daß, wie JAWORSKI² in seiner dankenswerten Zusammenstellung gezeigt hat, in Peru mehrere Liaszonen in derselben Aufeinanderfolge wie in Schwaben profilmäßig übereinander aufgeschlossen

¹ L. REUTER, Die Ausbildung des oberen Braunen Jura im nördlichen Teile der Fränkischen Alb, l. c. p. 78.

² E. JAWORSKI, Beitrag zur Kenntnis des Jura in Südamerika. Dies. Jahrb. Beil.-Bd. XXXVII. 1914. p. 329. — JAWORSKI betont insbesondere die Bedeutung der gleichen Zusammensetzung gewisser Einzelfaunen in Europa und Südamerika, die Identität ihres Faunencharakters.

liegen, daß in der Sierra de Santa Rosa bei Mazapil sich nach den Untersuchungen BURCKHARDT's das Profil von Crussol sogar in seinen Einzelheiten wiederholt.

Sind so die Zonen mit ihren Einzelfaunen geeignet, einen Maßstab abzugeben, an welchem die Ablagerungen verschiedener Gegenden zur Erzielung von scharfen Parallelen verglichen werden können, so dient doch dieser Maßstab nur zu einer Korrelation, besitzt jedoch keineswegs voneinander gleich weit abstehende Teilstriche. Die Zonenmomente reichen infolgedessen nicht dazu aus, die geologische Chronologie in Beziehung zu der gewöhnlich angenommenen zu setzen. Gegen eine solche Eignung spricht vor allem eine sehr gewichtige Tatsache, auf die POMPECKJ und KLÜPFEL aufmerksam gemacht haben.

Die Zonen selbst sind auf biologische Merkmale der in ihnen eingeschlossenen Faunen begründet. Die Dauer der Zonen jedoch scheint nicht nur von biologischen, sondern auch — und zwar in noch höherem Grade — von physikalischen Momenten abhängig zu sein. POMPECKJ¹ erblickt in der Unstetigkeit der Sedimentierung eine der Hauptursachen für die Zonendifferenzierung im schwäbischen Jura. Im alpinen Jura gibt es zwischen zwei Zonen ebensowenig scharfe Schnitte als zwischen zwei Stufen. Daß wir im schwäbischen Jura so oft zwei Zonen scharf zu trennen imstande sind, ist in der „Unstetigkeit der Faunenfolge“ begründet, „in dem Nacheinanderauftreten von genetisch untereinander zusammenhanglosen Faunen“.

Zur Erklärung einer solchen Unstetigkeit müssen nach POMPECKJ's Meinung geologische Ursachen herangezogen werden. Tektonische Vorgänge und ihre Begleiterscheinungen in ihrer Einwirkung auf einen topographisch abgeschlossenen Meeresraum wie das süddeutsche Jurameer, ergaben in diesem „die unselbständige und unstetige Faunenentfaltung durch häufigen, mehr minder vollständigen und plötzlichen Faunenersatz und wurden die Ursache der für die Jurastratigraphie, für die historische Geologie überhaupt so bedeutungsvollen, scharfen Zonen-Faunengliederung“.

Auch KLÜPFEL² glaubt, daß das Auftreten einer Ammoniten-

¹ J. F. POMPECKJ, Die Bedeutung des schwäbischen Jura für die Erdgeschichte, l. c. p. 61.

² W. KLÜPFEL, Über die Sedimente der Flachsee im Lothringer Jura. Geol. Rundschau. 7. 1916. p. 109.

fauna, die einer neuen Zone ihr Gepräge gibt, mit tektonischen Bewegungen im engsten Zusammenhange stehe, obwohl das Problem des Auftretens der Fossilien in scharf getrennten Zonen noch keineswegs gelöst sei. Insbesondere auf zwei Fragen scheint ihm eine befriedigende Antwort noch auszustehen: 1. Warum fehlt die Ausbreitung von Übergängen? 2. Warum treten Ammoniten im norddeutschen Posidonienschiefer nacheinander in bestimmter Reihenfolge in mehreren getrennten Zonen auf, da sie doch anderwärts innerhalb der europäischen Flachsee gleichzeitig zusammenlebten?

Wie immer man sich zur Beantwortung dieser Fragen stellen mag, die Tatsache selbst scheint festzustehen, daß an der Differenzierung der Zonen nicht nur biologische, sondern auch geologische Ursachen beteiligt sind. Viele Forscher sind — allerdings ohne nähere Begründung — geneigt, eine gleichmäßig verteilte Tendenz zur Abänderung des organischen Lebens anzuerkennen, dagegen wird wohl allgemein zugegeben, daß der Gang der geologischen Ereignisse weder ein gleichmäßiger noch ein rhythmischer gewesen ist, daß somit kein Grund für die Annahme vorliegt, die tektonischen Ereignisse, durch welche die Sonderung der Ammonitenfaunen im süddeutschen Jura in die einzelnen Zonen wohl nicht ausschließlich herbeigeführt, aber zum mindesten beeinflußt wurde, hätten sich in gleichen Zeitabständen vollzogen. In der Anerkennung dieser Tatsache liegt die Verzichtleistung auf die Aufstellung des Zonenmoments als eines Einheitsmaßes, an dem die relative Länge der einzelnen Epochen und Perioden gemessen werden könnte. Die aus den geologischen Zonen gewonnenen Momente stellen nicht das gewünschte Einheitsmaß dar, sind überhaupt keine in bezug auf ihre Zeitdauer miteinander vergleichbaren Maßeinheiten.

Aufgaben und Erfolge der Zonengliederung liegen in einer anderen Richtung. So wenig die Zonengliederung bestimmt ist, die stratigraphische Lokalgliederung zu verdrängen oder zu ersetzen, so wenig soll sie die Tabelle, auf der wir die geologischen Ereignisse einer Periode verzeichnen, in voneinander gleich weit entfernte Abschnitte teilen. Zonen und Zonenmomente sollen vielmehr auf Grund der Ermittlung der Aufeinanderfolge der Einzelfaunen den gemeinsamen Maßstab bilden, an dem die Ablagerungen verschiedener Gegenden für theoretische Zwecke und zur Erzielung von scharfen Parallelen verglichen werden können. Sie geben uns

das zuverlässigste Mittel an die Hand, die Altersunterschiede der Einzelfaunen zu fixieren und so einen chronologischen Wertmesser bei einer Korrelation der jene Faunen umschließenden Sedimente zu gewinnen¹. Für den Lias und mittleren Jura z. B. ist die Faunenfolge heute mit aller wünschenswerten Genauigkeit ermittelt und eine Umkehrung derselben bisher nirgends bekannt geworden. Wir dürfen daher mit aller Bestimmtheit erwarten, eine der für eine Einzelzone charakteristischen Vergesellschaftungen von Ammonitenarten überall in der gleichen Position zu finden. Wenn in einem Liasprofil irgendwo auf der Erdoberfläche in der basalen Schicht die Fauna der *Bucklandi*-Zone, in einer höheren Schicht die Fauna der *Davoei*-Zone nachgewiesen worden sein sollte, so dürfen wir darauf rechnen, die Fauna der *Oxynotus*-Zone, wenn überhaupt, nur zwischen diesen beiden Schichten, dagegen weder über noch unter den letzteren anzutreffen.

Man nennt die Erdgeschichte mit Recht eine historische Wissenschaft. Auch dem Geologen ist wie dem Geschichtsschreiber das Datum die Grundeigenschaft eines Ereignisses. „Zuerst stellt er die Begebenheit in die historische Reihe des Geschehens ein und schreitet dann von dieser Grundtatsache zur Beurteilung ihres Verhältnisses zu anderen Begebenheiten².“ So sind es für ihn Tatsachen, daß die Fauna der Zone des *Psiloceras planorbis* jener der Zone der *Schlotheimia angulata* voranging, daß die Fauna der Zone der *Reineckia anceps* jünger ist als jene des *Macrocephalites*

¹ A. BITTNER's Behauptung, daß „Schichtgruppe“ (schlechtweg) und „Zone“ (in unserem Sinne) identisch seien, ist nicht haltbar, weil eine einheitliche Schichtreihe oder Schichtgruppe, die bei der Lokalgliederung aufgestellt wird und keiner weiteren Unterteilung fähig ist, nicht selten einen wechselnden stratigraphischen Umfang besitzt, der eben nur auf Grund der Zonengliederung gemessen werden kann. Es gibt in den Meeresbecken des Oberjura in Nord- und Mitteleuropa verschiedene „Coralliens“. Die Ausscheidung eines solchen Corallien bei der Lokalgliederung eines untersuchten Gebietes ist durchaus gerechtfertigt, aber erst der Vergleich der einzelnen Coralliens auf dem Wege der Zonengliederung belehrt uns über den ganz ungleichen stratigraphischen Wert derselben. Hipuritenkalke sind eine leicht auszuscheidende und charakteristische Schichtgruppe innerhalb der mediterranen Oberkreide. Ihr stratigraphischer Umfang jedoch ist sehr verschieden. Er kann mit Hilfe der von TOUCAS und DOUVILLÉ durchgeführten Zonengliederung ermittelt werden. Die Zone ist allerdings eine Schicht oder Schichtgruppe, nämlich eine solche mit einer bestimmten Fauna, aber nicht jede Schichtgruppe entspricht zugleich einer Zone.

² E. RADL, Geschichte der biologischen Theorien. II. Leipzig 1909. p. 327.

macrocephalus und andererseits durch jene der Zone des *Peltoceras athleta* abgelöst wurde. Kennt der Geologe die zeitliche Stellung einer Begebenheit nicht, so bleiben alle seine Erörterungen über dieselbe unklar.

Dennoch ist die Lage des Geologen von jener des Geschichtsschreibers insofern wesentlich verschieden, als ihm jede Möglichkeit fehlt, die Zeitabstände zwischen zwei Ereignissen durch ein absolutes (Jahrtausend) oder relatives Maß (Zonenmoment) auszudrücken. Auch die Zonenmomente können, wie wir sahen, als Maßeinheiten nicht gelten. Sie teilen eine Epoche oder Periode in Zeitabschnitte von ungleicher Länge, genauer gesagt, in Zeitabschnitte, deren relative Dauer sich unserer Kenntnis vollständig entzieht.

Die Lage, in die der Geologe durch die Anwendung der Zonengliederung gelangt ist, läßt sich vielleicht am besten durch das folgende, dem Arbeitsgebiet des Historikers entlehnte Beispiel klar machen.

Unserem Historiker würde, wenn er von den Verhältnissen in Mitteleuropa ausgegangen wäre, die Feststellung der Aufeinanderfolge der Herrscher aus der Dynastie Habsburg-Lothringen mit voller Sicherheit gelungen sein, selbst für die kurze Regierung Leopolds II. hätte er Anzeichen gefunden. So würde er zu zeigen imstande sein, daß auf Karl VI. Maria Theresia, Josef II., Leopold II. und Franz II. gefolgt seien. Desgleichen wäre er in der Lage, in Rußland die Aufeinanderfolge der Zaren von Peter dem Großen bis zu Alexander I. nachzuweisen, wobei ihm eventuell die kurze Regierung Peters III. entgehen könnte. Er würde ferner einige Ereignisse aufdecken, die beide Herrscherfamilien in Mitleidenschaft gezogen haben, wie den siebenjährigen Krieg und die Napoleonschen Feldzüge, und daraus schließen, daß die Regierungszeit der Zarinne Elisabeth und Katharina mit jener Maria Theresias, jene Franz II. und Alexanders I. wenigstens teilweise zusammenfallen müsse. Er wäre aber außerstande zu ermitteln, wie lange die Regierung eines jeden Herrschers gedauert, ob Kaiser Josef II. länger oder kürzer als Maria Theresia regiert habe, ob zwischen dem siebenjährigen Krieg und den zahlreichen Feldzügen Napoleons, die ihm vermutlich in ein einziges Geschehnis verschmelzen dürften, ein Zeitraum von gleicher oder geringerer Dauer als die Regierungszeit Maria Theresias verstrichen sei, obwohl er allerdings zeigen könnte,

daß zwischen jene beiden Ereignisse mindestens zwei Herrschaftsperioden (cf. Zonenmomente), jene Josefs II. und Leopolds II. sich einschieben. Da jedoch die Herrschaft Leopolds II. viel kürzer war als jene Josefs II. und diese wieder viel kürzer als jene Maria Theresias, so würde die Regierungszeit eines Herrschers ebensowenig ein Einheitsmaß für die Intervalle zwischen den historischen Ereignissen im achtzehnten Jahrhundert abgeben als die Zonenmomente ein solches für die Epochen der Juraperiode.

IV. Abschnitt.

Der chronologische Wert der Biozonen.

Wie in dem vorangehenden Kapitel auseinandergesetzt worden ist, können wir durch die Aneinanderreihung von Zonenmomenten zu einer Zeitskala gelangen, deren einzelne Abschnitte der Dauer einer Einzelfauna mit verschiedenen abgestuften Selbständigkeitsgraden entsprechen, jedoch weder die gleiche Zeitlänge besitzen noch in bezug auf ihre absolute oder relative Dauer unter sich vergleichbare Zeiteinheiten darstellen. Die Ermittlung der Faunenzonen führt daher nicht zu dem Ziel, eine solche Zeiteinheit ausfindig zu machen, die zugleich das Einheitsmaß für die Dauer erdgeschichtlicher Ereignisse abgeben könnte.

Die Zonengliederung und damit die Aufsuchung der Zonenmomente leidet, wie wir sahen, insbesondere unter dem Nachteil, daß die Scheidung von Faunenzonen nicht nur durch biologische, sondern auch durch geologische, beziehungsweise physikalische Momente bedingt wird, die in die ruhige, normale Entwicklung des organischen Lebens störend eingreifen. Der Versuch liegt nahe, eine Zoneneinteilung zustande zu bringen, bei der diese letzteren Momente ausgeschlossen werden. Das Problem der Zeitmessung in der Erdgeschichte wird dadurch — wenigstens scheinbar — zu einem rein biologischen Problem.

Zu diesem Ziele scheint sich ein geeigneter Weg zu eröffnen, indem man nicht von dem Wechsel der Faunen, sondern von jenem bestimmter einzelner Arten innerhalb eines faziell gleichartigen Sedimentkomplexes ausgeht. POMPECKJ¹ betrachtet als das „theoretisch zu fordernde Ideal für die Feststellung einer nach der Um-

¹ J. F. POMPECKJ, Die Bedeutung des schwäbischen Jura für die Erdgeschichte, l. c. p. 35.

bildung des Lebens kleinsten Zeiteinheit die Messung der Zeit an der Lebensdauer einer Art oder einer Mutation im Sinne WAAGEN's und NEUMAYR's, d. i. eines natürlichen Fortbildungsproduktes aus einer einmal gegebenen und für eine Zeitspanne beständig gewesenen Art zu einer Art der nächsten Zeitspanne“.

NEUMAYR sah in den Zeitmomenten der Faunenzonen OPPEL's die Erfüllung jener idealen Forderung, weil er glaubte, daß die Faunenzonen mit der Durchschnittsdauer der Mutationen zusammenfallen. Seine Ansicht ist durch die Tatsachen nicht bestätigt worden. Es erhebt sich daher die Frage nach der Gangbarkeit jenes zweiten Weges, der die Aufsuchung von Zeitspannen in Aussicht nimmt, die der Lebensdauer einer Ammonitenart entsprechen, also von Biozonen, die, wie oben gezeigt wurde, mit den Zonenmomenten nur gelegentlich übereinstimmen.

Die Möglichkeit, zu einer Zeitskala zu gelangen, in der die Biozonen bestimmter Ammonitenspezies die Stelle der Zonenmomente einnehmen, kann nicht bestritten werden. Selbstverständlich wird auch die Aufeinanderfolge der Biozonen eine gewisse Abhängigkeit von der Faunenfolge im allgemeinen zeigen müssen, ohne sie indessen in den Details wiederzuspiegeln. Ein wesentliches Erfordernis ist nur, daß keine Biozone von einer anderen geschnitten wird und daß auch zwischen zwei benachbarten Biozonen keine zeitliche Lücke bleibt. Die genaue Feststellung der Faunenfolge ist daher die notwendige Voraussetzung für den Entwurf einer geschlossenen, lückenlosen Biozonenreihe.

R. WEDEKIND ist den Weg gegangen, den POMPECKJ vorgezeichnet hat, indem er es versuchte, kombiniert-kontinuierliche Biozonenfolgen für das Oberdevon zu ermitteln, begründet auf Ammonitenarten, die durch ihre nahe Verwandtschaft ihm die Gewähr für eine gleiche stratigraphische Empfindlichkeit — er gebraucht dafür den Ausdruck Virulenz — zu bieten schienen. Es sind somit Stammesreihen oder Formenreihen im Sinne WAAGEN's und NEUMAYR's, von denen jede einzelne eine kontinuierliche Biozonenfolge aufzustellen gestattet.

Es ist bedauerlich, daß WEDEKIND das Oberdevon — im Vergleich zum Jura ein Neuland für die feinere Zonengliederung auf Grund der Ammoniten — an Stelle des in bezug auf seine Cephalopodenfaunen in ganz anderem Maße durchgearbeiteten Mesozoicums als Versuchsfeld gewählt hat. Es ist nämlich wesent-

lich leichter, im Besitz eines verhältnismäßig wenig umfangreichen Fossilmaterials Reihen von Formen aufzustellen, die ein genealogisches Band miteinander zu verbinden scheint, als bei einer Überfülle von Formen, die bald in dieser, bald in jener Richtung zwischen den einzelnen, säuberlich in Stammesreihen ausgerichteten Arten eine verbindende Brücke schlagen¹. Die Aufgabe, für das klassische Gebiet der Zonengliederung, den Jura, eine Biozonenfolge aufzustellen, ist also vorläufig noch nicht gelöst. Untersuchen wir die Schwierigkeiten, die einer solchen Lösung entgegenstehen und die Wahrscheinlichkeit, die sich für die Ermittlung gleichlanger Biozonen — mithin als ein Maß geologischer Ereignisse verwertbarer Zeiteinheiten — ergibt, so gelangen wir zu den folgenden Resultaten.

Drei für die Beurteilung der Lösbarkeit des ganzen Problems maßgebende Fragen stehen im Vordergrund: 1. Welche Biozonen sollen für die zu ermittelnde Zeitskala gelten, jene, die der gesamten Lebensdauer einer Art oder nur deren Lebensdauer in einem bestimmten Gebiet entsprechen? 2. Welche Gewähr bieten die unmittelbar und kontinuierlich auseinander hervorgehenden Arten einer Formenreihe (Mutationen WAAGEN) für eine gleiche Lebensdauer? 3. Welche Anhaltspunkte besitzen wir für die Messung von Biozonen?

Den ersten Punkt haben bereits POMPECKJ und WEDEKIND in Erwägung gezogen. Je nachdem man die Biozone eines Ammoniten nach dessen gesamter Lebensdauer oder nach seinem Auftreten an einem bestimmten Ort bemißt, wird das Resultat unter Umständen sehr verschieden ausfallen. *Amaltheus margaritatus* z. B. ist in Toskana erheblich früher erschienen und hat andererseits im Arveyronnais erheblich länger gelebt als in Schwaben, *Parkinsonia Parkinsonii* im Rheintal und bei Bielefeld länger als in Württemberg und in der Normandie. Nicht mit Unrecht hat daher KLÜPFEL² den Vorschlag gemacht, die Zeiten nach dem

¹ Auf die von W. SOERGEL (Das Problem der Permanenz der Ozeane und Kontinente. Stuttgart 1917, insbes. p. 42) betonte Schwierigkeit einer direkten Auswertung mariner Evertebratenfaunen für phylogenetische Folgerungen im Hinblick auf deren Lückenhaftigkeit innerhalb der kontinentalen Flachseegebiete soll hier nicht näher eingegangen werden.

² W. KLÜPFEL, Über die Sedimente der Flachsee im Lothringer Jura. Geol. Rundschau. 7. 1916. p. 109.

örtlichen Auftreten der Ammonitenspezies zu bestimmen, z. B. von einer „Schwäbischen *Torulosus*-Zeit“ als von jener Epoche zu sprechen, innerhalb deren *Lytoceras torulosum* in Schwaben gelebt habe.

POMPECKJ (l. c. p. 35, 36) meint, die Benützung der Biozonen zur Feststellung geologischer Zeitmaße sei eigentlich nur dort möglich, „wo bruchlos in genetischer Folge Art auf Art, Mutation auf Mutation erscheine,“ so in den alpin-mediterranen Ammonitenkalken, beziehungsweise in solchen Gebieten, wo die Summe der artumprägenden Faktoren längere Zeit hindurch in mehr oder weniger gleichartigen Schritten wirken konnte. In praxi — fügt er hinzu — habe man sich freilich in den weitaus meisten Fällen mit der lokalen Existenzdauer einer Art zu behelfen, die an verschiedenen Orten naturgemäß eine verschiedene sein könne.

Demselben Gedanken hat schon im Jahre 1879 M. NEUMAYR¹ Ausdruck gegeben, indem er zur Ermittlung einer geschlossenen Faunenfolge den alpinen Lias an Stelle des süddeutschen empfahl. Zonenmomente, die der Aufeinanderfolge der einzelnen Mutationen entsprechen — meinte er —, dürften im alpinen Lias leichter als im schwäbischen aufzufinden sein. Man könne die einzelnen Mutationen bei gleichbleibender Gesteinsfazies und bei dem Mangel an fremden Einwanderern in der alpinen Region in viel vollkommenerer Weise verfolgen, da das Erscheinen solcher fremder Eindringlinge an der Grenze von zwei mitteleuropäischen Liaszonen häufig mit dem Aussterben und Verschwinden fast aller vorher anwesenden Formen zusammenfalle. Für die einzelnen, jede Zone charakterisierenden Mutationen glaubte NEUMAYR allerdings die gleiche Lebensdauer annehmen zu dürfen, ohne für diese Annahme einen Beweis zu versuchen.

Auch WEDEKIND² hält die Feststellung der kontinuierlichen Faunenfolge für die Grundlage aller Untersuchungen der Biozonen. Er gibt eine Erklärung der „unstimmigen Zonenfolgen“ durch Verschiebungen der Faunengrenzen infolge Veränderungen der Meerestiefe. Gleichwohl geht aus seinen Ausführungen nicht klar hervor, ob ihm für seine Biozonenfolgen die absolute Lebensdauer

¹ M. NEUMAYR, Zur Kenntnis der Fauna des untersten Lias in den Nordalpen. Abhandl. k. k. Geol. Reichsanst. 7/5. 1879. p. 2.

² R. WEDEKIND, Über die Grundlagen und Methoden der Biostratigraphie, l. c. p. 48.

der Spezies oder deren Lebensdauer innerhalb jener enger begrenzten Region maßgebend erscheint, auf welche die Untersuchung beschränkt wurde. Aus der Art seiner Durchführung der Zonengliederung im Oberdevon möchte man allerdings eher das letztere vermuten. Es würde beispielsweise, um auf den oben angeführten Fall des *Amaltheus margaritatus* zurückzukommen, bei einer Zonengliederung, die sich auf die Verhältnisse in den Nordkalkalpen stützt, auf ein Hinaufgehen dieser Art in die *Spinatus*-Zone im Arveyronnais keine Rücksicht genommen zu werden brauchen.

So schön sich in der Theorie die Forderung ausnimmt, für die Feststellung der Biozonenfolgen nur solche Gebiete auszuwählen, in welchen eine kontinuierliche Faunenfolge herrscht, „Art auf Art, Mutation auf Mutation bruchlos in genetischer Folge“ erscheinen, so groß sind die Schwierigkeiten, die sich dem Versuch entgegensetzen, dieses von der Theorie geforderte Ideal in der Praxis zu verwirklichen. Betrachten wir einmal die von POMPECKJ als für solche Untersuchungen geeignet bezeichneten roten alpin-mediterranen Ammonitenkalke des Keuper, Lias und Malm im Hinblick auf ihre praktische Eignung zu einer Zonengliederung, so sehen wir, daß ihnen nach zwei Richtungen oder mindestens nach einer derselben ein empfindlicher Mangel anhaftet.

Im mitteleuropäischen Jura ist es allerdings unmöglich, ein bestimmtes Ammonitengenus herauszugreifen, seine Mutationen durch die ganze Schichtreihe zu verfolgen und dann, wie das NEUMAYR im Auge hatte, die aufeinanderfolgenden Zeitabschnitte zu unterscheiden, von denen jeder der Biozone einer dieser Mutationen entsprechen sollte. Dafür aber kommt der mitteleuropäische Jura der obersten Forderung einer Zonengliederung nach den Faunen in ganz anderer Weise entgegen als die alpinen Ammonitenkalke. Denn einerseits wird die Scheidung und Verfolgung der einzelnen Zonen gerade durch den scharfen Wechsel der Ammonitenfaunen, das Abreißen der Stammesreihen an den Zonengrenzen, außerordentlich erleichtert, andererseits kann die Aufeinanderfolge der Faunen in zahlreichen, klaren Aufschlüssen sichergestellt werden. Dagegen bereitet in den jurassischen Ammonitenkalken der Alpen die von NEUMAYR als „Lückenhaftigkeit der alpinen Sedimente“ bezeichnete Eigentümlichkeit der Schaffung einer gesicherten Grundlage für die Zonengliederung beinahe unüberwindliche Schwierigkeiten. Sie charakterisiert sich bekannt-

lich durch das isolierte Auftreten einzelner Jurazonen, ohne daß es möglich wäre, eine Aufeinanderfolge derselben wie im mitteleuropäischen Jura profilmäßig nachzuweisen. Trotz des Besitzes eines klassischen Schulgebietes der Juraformation in Süddeutschland sind wir noch keineswegs in der Lage, eine befriedigende Einordnung aller Jurafaunen der Ostalpen und Karpathen in bestimmte Zonen durchzuführen.

Der jener Lückenhaftigkeit wenigstens in vielen Fällen — besonders, wenn es sich um rein zoogene Ablagerungen handelt — zugrunde liegende Mangel an Sediment, bringt es sehr häufig mit sich, daß die Faunen mehrerer Zonen, insbesondere in den mittel- und oberjurassischen Ammonitenkalken der Ostalpen, in einer einzigen Lage oder Linse vereinigt sind und so das Bild einer einheitlichen Fauna vortäuschen. Die Fossilien der reichen Doggerfauna von Cap San Vigilio am Gardasee stammen aus einem Nest, innerhalb dessen eine Sonderung nach dem Lager ganz unmöglich gewesen wäre, und doch lag in jenem Nest eine Faunenmischung von Elementen der *Opalinus*- und *Murchisonae*-Zone vor. Die Fauna der *Acanthicus*-Schichten entspricht wohl in ihrer Hauptmasse dem Kimmeridge, aber NEUMAYR hat gezeigt, daß sowohl Anzeichen für eine Vertretung tieferer Horizonte (*Transversarius*- und *Bimammatus*-Zone) als auch des Untertithons (Zone der *Waageinia Beckeri*) vorliegen, ohne daß eine Gliederung der durchaus einheitlichen *Acanthicus*-Schichten irgendwo profilmäßig durchgeführt werden könnte. Die unterliassische Fauna von Alsó-Rákos enthält vorwiegend Formen, die in Mitteleuropa die Zonen der *Schlotheimia angulata* und des *Arietites Bucklandi* charakterisieren, daneben aber auch solche aus der *Obtusus*-Zone des Unterlias. Sie treten so regellos durcheinander gemischt auf, daß VADÁSZ¹ annimmt, die älteren Typen hätten hier länger gelebt als außerhalb der alpin-mediterranen Region. Einen ähnlichen Gedanken hat auch BENECKE² ausgesprochen. „Lebten“ — fragt er — „die Formen in dem Meer, aus dem sich die Oolithe am Monte Baldo absetzten, alle zusammen, oder liegt es nur an der Art der Ablagerung, daß wir sie nicht trennen können?“ Die Antwort auf

¹ E. VADÁSZ, Die unterliassische Fauna von Alsó-Rákos. Mitteil. aus d. Jahrb. d. Ungar. Geol. Reichsanst. 16. 1908. p. 309—406.

² E. W. BENECKE, Eisenerzformation etc., l. c. p. 535.

diese Frage dürfte wohl von den meisten Forschern im Sinne der zweiten Alternative gegeben werden.

Nicht immer gelingt der Nachweis einer Vertretung mehrerer Zonen in einer scheinbar einheitlichen Jurafauna eines mediterranen Ammonitenkalkes in überzeugender Weise. Die reiche Cephalopodenfauna von Wama Strunga, die aus einer 70—80 cm mächtigen Bank im Massiv des Bucegi nahe der siebenbürgisch-rumänischen Grenze stammt, wird von SIMIONESCU¹ den Klaussschichten (Bathonien) gleichgestellt. Dieser Beobachter leugnet die Anwesenheit echter Unteroolith- und Kelloway-Formen in der Fauna von Wama Strunga, während POPOVICI-HATZEG² auf die Beimischung von Typen wie *Macrocephalites macrocephalus*, *M. tumidus*, *Perisphinctes curvicosta*, *P. subtilis* NEUM., *P. alteplicatus* WAAG., Gewicht legt, die sonst in ihrer Vergesellschaftung als Beweise für die *Macrocephalus*-Zone gelten.

Selbst die Altersfrage der alpinen Klaussschichten ist noch keineswegs in befriedigender Weise gelöst. K. v. ZITTEL hat NEUMAYR gegenüber, der die Klaussschichten in die Zone der *Oppelia fusca* (Unterbath) stellte, an der Meinung festgehalten, daß in denselben mehrere stratigraphische Zonen, insbesondere auch die Macrocephalenzonen, vertreten seien, eine Auffassung, der sich später auch JÜSSEN³ angeschlossen hat.

Die Schwierigkeiten der Zonentrennung in den jurassischen Ammonitenkalken der Ostalpen erhöhen sich noch durch das Fehlen der „einander ruckweise ersetzenden, differenten Faunen“, wie wir sie im schwäbischen Jura antreffen. Die Faunen verfließen mehr ineinander und erhalten überdies durch das Vorherrschen von Gattungen wie *Phylloceras* und *Lytoceras* ein den mitteleuropäischen so fremdes Gepräge, daß eine schärfere Parallelisierung mit den letzteren bedenklich wird. Man braucht nur die Liasfaunen vom Monte di Cetona im umbrischen Apennin oder des Bakony mit den süddeutschen zu vergleichen, um den Kontrast in voller

¹ J. SIMIONESCU, Das Alter der Klaussschichten in den Südkarpathen. Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst. 1905. p. 212—217. — Les Ammonites jurass. de Bucegi. Annales Sci. Univers. de Yassy. 1905.

² V. POPOVICI-HATZEG, Les Cephalopodes du Jurassique moyen du Mont Strunga. Mém. Soc. géol. France. Paléontol. 13. No. 35. 1905. p. 6.

³ E. JÜSSEN, Beitrag zur Kenntnis der Klaussschichten in den Nordalpen. Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst. 40. 1890. p. 386.

Deutlichkeit hervortreten zu sehen. So sind wir — man könnte beinahe sagen, in der Regel — außerstande, bei alpinen Jura-faunen die Äquivalenz mit einer bestimmten Zone festzustellen, sondern müssen uns zumeist mit der Einreihung in eine Stufe zufrieden geben.

Ein anderes typisches Beispiel einer faziell gleichartigen, seit langer Zeit durch ihren Reichtum an Ammoniten berühmten Entwicklung sind die Hallstätter Kalke der alpinen Trias. Aber auch hier wieder begegnen wir der gleichen Lückenhaftigkeit wie so vielfach im alpinen Jura. Während die *Trinodosus*-Zone in der Schreyeral- und Han Bulog-Fazies eine weite räumliche Verbreitung besitzt, muß man aus dem klassischen Hallstätter Gebiet des Salzkammergutes bis zum Monte Clapsavon in Friaul und bis zu den Klippen von Požoritta in der Bukowina gehen, um Äquivalente der Wengener, beziehungsweise der St. Cassianer Schichten in Hallstätter Fazies anzutreffen. Erst von der *Aonoides*-Zone aufwärts finden wir die sämtlichen jüngeren Hallstätter Ammonitenzonen in dem räumlich beschränkten Gebiet zwischen Hallein und Aussee, allerdings nur neben, keineswegs in normalen Profilen übereinander. Die Cephalopodenfaunen selbst aber liegen zumeist in Linsen innerhalb einer mächtigen tauben Gesteinsmasse, die keine Cephalopoden führt.

Dieser Umstand macht sogar nicht selten die Entscheidung schwierig, welche Faunen als Vertreter einer besonderen Zone angesehen und welche zu einer Zone vereinigt werden sollen. Aus der julischen Unterstufe z. B. liegen uns nach den Untersuchungen von E. v. Mojsisovics drei Cephalopodenfaunen vor: 1. die Fauna der Linse mit *Trachyceras austriacum* des Feuerkogels, 2. die Fauna der Linse mit *Lobites ellipticus* von derselben Lokalität, 3. die Fauna der Linse mit *Trachyceras Aonoides* vom Raschberg. Die erste Fauna enthält 167, die zweite 337, die dritte 107 Cephalopodenspezies. Aus der Monographie der Hallstätter Cephalopoden von E. v. Mojsisovics kann man entnehmen, daß sich diese Arten auf die drei erwähnten Linsen in folgender Weise verteilen. Allen drei Faunen gemeinsam sind nur 33 Spezies. Ferner besitzen die *Austriacum*- und *Ellipticus*-Linse 27, die *Ellipticus*- und *Aonoides*-Linse 11, die *Austriacum*- und *Aonoides*-Linse 10 gemeinsame Arten. Dagegen ist die Zahl der selbständigen Spezies in der ersten Fauna 99, in der zweiten 267, in der dritten 52. Das ist, selbst

wenn man der sehr engen Artfassung von E. v. MOJSISOVICS Rechnung trägt, noch immer ein auffallend hoher Prozentsatz. KILIAN's Zonen der südfranzösischen Unterkreide z. B. weisen bei weitem keinen so hohen Prozentsatz selbständiger Arten auf. Da das Altersverhältnis der einzelnen Linsen zueinander nicht sicher bekannt ist, so könnte man mit demselben Recht drei selbständige Zonen in der julischen Unterstufe unterscheiden, statt mit E. v. MOJSISOVICS alle drei Faunen in der einzigen Zone des *Trachyceras Aonoides* zu vereinigen. Mindestens sind diese drei Faunen untereinander in ebenso hohem Grade verschieden, als viele Jurafaunen, die sich durch ihre Lagerung als Einzelfaunen selbständiger Zonen erwiesen haben.

Wer freilich nach einer Verknüpfung dieser drei Faunen durch aufeinanderfolgende Mutationen von Formenreihen selbst nur einer einzigen Ammonitengattung suchen wollte, der würde eine schwere Enttäuschung erfahren. Zur Aufdeckung solcher Formenreihen bieten die Hallstätter Faunen überhaupt kaum einen Anlaß. Man wird auch bei E. v. MOJSISOVICS vergeblich nach ihnen Umschau halten. Dieser Forscher, in dessen Werken wir sonst NEUMAYR's Anregungen in bezug auf Zonen, zoogeographische Provinzen usw. auf Schritt und Tritt begegnen, beschränkt sich auf eine phylogenetische Verknüpfung seiner Ammonitengenera, vermeidet jedoch jede Aneinanderreihung von Spezies zu Formen- oder Mutationsreihen im Sinne WAAGEN's. Die Hoffnung, in den so gleichmäßig entwickelten Hallstätter Kalken „Mutation auf Mutation, Art auf Art bruchlos in genetischer Folge“ erscheinen zu sehen, hat sich leider als trügerisch erwiesen.

Besser scheint sich zur Ermittlung von aufeinanderfolgenden Biozonen nächstverwandter Arten in der Trias der deutsche Muschelkalk zu eignen. Die Zonenfolge, die RIEDEL und STOLLEY hier auf Grund der Verbreitung der nodosen Ceratiten aufgestellt haben, dürfte sich mit einer kontinuierlichen Biozonenreihe im wesentlichen decken. Die Freude an diesem Erfolg wird indessen erheblich durch den Umstand beeinträchtigt, daß jede Möglichkeit einer Übertragung dieser Biozonenfolge auf die entsprechenden Zeitabschnitte der pelagischen Trias ausgeschlossen bleibt, da wir ja keine einzige der neun Zonen des deutschen Muschelkalkes in der alpinen Trias wiederzuerkennen imstande sind.

Nur eine kurze Bemerkung möchte ich an dieser Stelle über

die Graptolithenzonen des älteren Paläozoicums einschalten, da J. POMPECKJ (l. c. p. 35) ausdrücklich auf die Möglichkeit hinweist, in den Regionen der Entwicklung silurischer Graptolithenschiefer die Lebensdauer von Arten zur Feststellung geologischer Zeitmaße zu benützen. Ich begnüge mich, der Meinung POMPECKJ's das Urteil von zwei Forschern gegenüberzustellen, die auf dem Gebiet der Graptolithenzonen bahnbrechend gearbeitet haben. J. MARR¹ gibt eine Übersichtstabelle der Graptolithenzonen im englischen Silur. Indem er darauf hinweist, daß die Mächtigkeit der einzelnen Zonen zwischen 8 Zoll (Zone des *Monograptus argenteus*) und 5000 Fuß (Zone des *Monograptus leintwardensis*) schwanke, setzt er hinzu, man dürfe weder annehmen, daß diese verschiedenen Zonen die gleiche stratigraphische Bedeutung besitzen, noch daß sie zu ihrer Bildung die gleiche Zeitdauer benötigt hätten. R. RUEDEMANN² entwirft ein Bild von der Lebensweise der Graptolithen, die als Bestandteile des Hochseepanktons nur sporadisch durch Meeresströmungen in die Flachsee gebracht und in jene Sedimente eingebettet wurden, als deren Hauptleitfossilien sie uns heute gelten. Aber selbst dort — fährt er fort —, wo der Absatz der Graptolithen führenden Gesteine sehr lange Zeit hindurch in vollkommen gleichmäßiger Weise vor sich ging, findet man die übereinanderfolgenden Graptolithenhorizonte niemals durch Übergänge verbunden, sondern eine jede Zone ist durch das plötzliche Auftreten von neuen Formen gekennzeichnet. Also auch hier ist es in der Praxis für die Ermittlung von Biozonenfolgen nicht besser bestellt als im süddeutschen Jura.

Man kann sich des Gefühls nicht erwehren, daß die Basis für die Ermittlung geschlossener, lückenloser Biozonenreihen noch einigermaßen unsicher ist, und daß es in der Praxis keineswegs leicht sein dürfte, jene Sedimente ausfindig zu machen, die uns gewissermaßen die normalen Biozonen als Maßeinheiten für unsere Zeitskala liefern sollen. Immerhin wollen wir vorläufig annehmen, jenes Milieu sei wirklich gefunden, innerhalb dessen unser paläontologischer Chronometer, der aus den Biozonen nächstverwandter Ammonitenarten besteht, einwandfrei funktioniert. Da erhebt

¹ J. E. MARR, Principles of stratigraphic geology. Cambridge 1899. p. 68, 69.

² R. RUEDEMANN, Stratigraphic signification of the wide distribution of Graptolites. Bull. Geol. Soc. of America. 22. 1911. p. 232, 233.

sich sofort die zweite Frage: Welche Erfahrungen berechtigen uns zu der Annahme einer gleichen Lebensdauer für die unmittelbar und kontinuierlich auseinander hervorgehenden Arten einer Formenreihe ?

Weder bei WAAGEN und NEUMAYR noch bei POMPECKJ wird man eine positive Antwort auf diese Frage finden. Der einzige Forscher, der sie meines Wissens zu geben gewagt hat, ist WEDEKIND. Er behauptet, das Entwicklungstempo einer Formenreihe, die nur im Verhältnis einer direkten Deszendenz stehende Arten umfasse, bleibe unverändert, weil die im Organismus selbst liegenden Entwicklungsreize auf das gleiche Objekt — als ein solches gelten ihm die unmittelbar voneinander abstammenden Angehörigen einer Formenreihe — stets mit gleicher Intensität einwirken, daher die gleichen Wirkungen nur in gleichen Zeiträumen erzielen können.

Eine solche Beweisführung läßt sich bei kritischer Prüfung nicht gerade hoch einschätzen. Schon prinzipielle Gründe legen eine Ablehnung der Theorie WEDEKIND's nahe. Nach allem, was wir über die Ursachen der Entwicklung der Tierwelt zu wissen glauben, sind Veränderungen der Lebensbedingungen ein Hauptantrieb. Da diese Veränderungen in ihrer Beschaffenheit und Stärke wechseln, kann auch das Entwicklungstempo in einer Stammes- oder Formenreihe kein gleichmäßiges bleiben. „Die Stärke der Variation in den Zeitbetrag zu übersetzen, ist unmöglich“ — sagt KOKEN¹, einer der erfahrensten und vorsichtigsten Forscher auf dem Gebiet der Phylogenie —, „denn es gibt keine gleichmäßig verteilte Tendenz zur Abänderung.“ Die Intensität der in einer Fauna vorgegangenen Veränderung an der Grenze von zwei Stufen ist nicht proportional der aufgewendeten Zeit. Aber auch die Annahme, daß im Innern des Organismus selbst liegende Entwicklungsreize bei den Angehörigen einer durch Abstammung direkt und unmittelbar zu einer Formenreihe verknüpften Ammonitensippe stets und mit gleicher Stärke wirken müssen, entbehrt jeder Begründung.

Die Tatsachen selbst lassen uns in Rahmen der Theorie WEDEKIND's im Stich. WEDEKIND (l. c. p. 34) unterscheidet in einem Abschnitt des Oberdevons die vier Zonen des *Sporadoceras*

¹ E. KOKEN, Die Vorwelt und ihre Entwicklungsgeschichte. Leipzig 1893. p. 51.

discoidale, des *Sp. Pompeckji*, des *Cheiloceras enkebergense* und des *Ch. subpartitum* und bezeichnet diese Zonenfolge als eine am gleichen Objekt durchgeführte und kontinuierliche. „Ein Versuch“ — fährt er fort —, „diese Zonenfolge auf noch jüngere Zeitintervalle auszudehnen, scheidet daran, daß sich diese Formen in der Lobenlinie und in der Gestalt nicht mehr merklich und außerdem sehr langsam ändern. Die Formen dieser Reihe haben sich also zunächst schnell geändert, waren stratigraphisch virulent, um dann nach einer bestimmten Zeit diese Eigenschaft und damit den Wert für die Biostratigraphie zu verlieren.“

Es bleibt also, wie man sieht, innerhalb derselben Formenreihen oberdevonischer Ammonitengenera das Entwicklungstempo keineswegs ein gleichmäßiges, wie das WEDEKIND's Theorie voraussetzt. Auch die Stammesreihen der Phylloceren, die NEUMAYR und seine Nachfolger entworfen haben, weisen Mutationen von sehr verschiedener Lebensdauer auf. In der Formenreihe des *Phylloceras ultramontanum* ZITT. ist diese Art selbst auf die *Opalinus*-Zone beschränkt, während ihr unmittelbarer Nachkomme, *Ph. mediterraneum* NEUM. zu den langlebigsten Ammoniten gehört, da er aus der *Murchisonae*-Zone bis ins Tithon reicht.

Von einer gleichen stratigraphischen Empfindlichkeit der im direkten Deszendenzverhältnis stehenden Arten einer Ammonitensippe kann also ernsthaft nicht die Rede sein. Die stratigraphische Empfindlichkeit muß für jede einzelne Art erst geprüft werden. Die Notwendigkeit einer solchen Prüfung führt uns zu der dritten Hauptfrage, die am Eingang dieses Abschnittes gestellt worden ist: Welche Anhaltspunkte besitzen wir für die Messung der Biozone, d. h. der Lebensdauer einer Ammonitenspezies, aus der wir das Maß für deren stratigraphische Empfindlichkeit entnehmen?

Den einzigen Anhaltspunkt für eine solche Messung gewährt uns die Skala der Zonenmomente. Nur an dieser Skala vermögen wir die längere Lebensdauer des *Phylloceras mediterraneum* im Vergleich zu jener des *Ph. ultramontanum* abzulesen. Sie liefert uns den Beweis für die höhere stratigraphische Empfindlichkeit der letztgenannten Art. Da aber die Teilstriche dieser Zeitskala, wie in den vorangehenden Abschnitten auseinandergesetzt worden ist, ungleichen Abstand besitzen, Zonenmomente von gleicher Länge uns nicht zu Gebot stehen, so müssen wir auch auf die Ermittlung gleichlanger Biozonen Verzicht leisten. So lange wir

gezwungen sind, die Biozonen nach den Zonenmomenten abzugrenzen, d. h. nach Zeitabschnitten von unbekannter relativer Länge, können die Biozonen ebensowenig eine für die Messung der Dauer geologischer Perioden oder Epochen verwertbare Maßeinheit abgeben als die Zonenmomente.

Damit erscheint gleichzeitig auch das Urteil über alle Versuche ausgesprochen, das Problem der geologischen Zeitmessung von biologischen Gesichtspunkten aus in Angriff zu nehmen. O. ABEL¹ hat kürzlich in einer kritischen Darstellung neuerer Versuche einer Zeitmessung in der Erdgeschichte den Wunsch ausgesprochen, daß das Problem der geologischen Zeitmessung von biologischer Seite ernstlich in Angriff genommen werden möge. Er ist ohne Zweifel mit seiner Behauptung im Recht, daß das Problem der geologischen Zeitmessung zum Teil ein biologisches Problem sei, daß die Lebensdauer der fossilen Arten und Gattungen, ihre Entstehung und ihr Erlöschen, ihre Wanderungen und ihre Umformungen sowie die Ursachen dieser Vorgänge in die Frage nach der Abgrenzung der Zonen und ihres Begriffsinhaltes unmittelbar hineinspielen. Gleichwohl kann ich weiteren Versuchen zur Lösung jenes Problems von biologischer Seite aus den oben angeführten Gründen nur eine ungünstige Prognose stellen. Sie erscheinen mir von vorneherein zur Unfruchtbarkeit verurteilt, weil uns eine Maßeinheit fehlt, an der wir die Veränderungen der organischen Welt selbst messen könnten.

Das Ergebnis der vorliegenden Untersuchungen wäre befriedigender ausgefallen, wenn es die Eignung der Methode NEUMAYR'S zur Ermittlung eines geologischen Einheitsmaßes bestätigt hätte. Wer Positives vorbringt, findet mit Recht leichter und williger Beifall als derjenige, der sich auf die Negation beschränkt. Der Versuch, dem Fortschritt in der Wissenschaft eine neue Bahn zu eröffnen, ist dankbarer als der Nachweis der Ungangbarkeit eines anscheinend hoffnungsreichen Weges.

¹ O. ABEL, Über Versuche einer Zeitmessung in der Erdgeschichte. Die Naturwissenschaften. Berlin. 4. Heft 48. Dez. 1916. p. 725 ff.