

DAS WESEN DER GEOLOGISCHEN CHRONOLOGIE
MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DES PERMS.
JULIUS V. PIA (NATURHISTORISCHES MUSEUM, WIEN).

Vor einigen Jahren habe ich mich in mehreren Arbeiten (PIA, 1925 a, 1929, 1930 a und b, 1935) mit dem Wesen der erdgeschichtlichen Zeitrechnung auseinandergesetzt. Ich bin mir bewusst, dass diese Art von Untersuchungen sich keiner allgemeinen Beliebtheit erfreut, dass nicht wenige hochgeschätzte Fachgenossen meinen, es sei besser, ohne theoretische Haarspaltereien Beobachtungen zu sammeln und zu vergleichen. Ich vermag mich dieser Ansicht aber nicht anzuschliessen, glaube vielmehr, dass ein grosser Teil der Schwierigkeiten in der stratigraphischen Einzelarbeit davon kommt, dass die Begriffe noch zu wenig geklärt sind und von den verschiedenen Verfassern, besonders aber von den Geologenschulen der verschiedenen Länder, verschieden ausgelegt werden. Darum habe ich um die Erlaubnis gebeten, auf dieser Tagung einen Vortrag über die theoretischen Grundlagen der Stratigraphie zu halten. Freilich ist dieser Gegenstand ein viel zu weiter, als dass er heute zur gänze besprochen werden könnte. Ich will ihn in mehrfacher Hinsicht einschränken. Die faziellen und paläontologischen Fragen will ich möglichst beiseite lassen und nur die eigentlich chronologischen in den Vordergrund stellen. Bei der Besprechung des Schrifttumes will ich mich auf eine Auswahl aus jenen Arbeiten beschränken, die nach dem Erscheinen meines Buches im Jahre 1930 veröffentlicht worden sind. Aber auch diese will ich nicht gleichmässig behandeln. Ausser einigen Schriften, die ausdrücklich auf meine Ansichten Bezug nehmen, will ich vorwiegend amerikanische Veröffentlichungen heranziehen. Die von der europäischen fast unabhängige Ent-

wicklung der stratigraphischen Begriffe in Amerika bietet besonders lehrreiche Vergleichsmöglichkeiten. Diese Entwicklung ist im ganzen zweifellos noch weniger weit gediehen, als bei uns. Das mag seinen Grund, wie auch die Amerikaner selbst betonen (LAWSON, 1930, S. 290-91), zum Teil darin haben, dass in dem geologisch vielfach doch noch wenig bekannten Land die reine Aufnahmegeologie einen sehr grossen Teil des Interesses in Anspruch nimmt. Arbeiten wie die von ASHLEY, CHENEY etc. (1933) scheinen mir ziemlich deutlich zu zeigen, dass die grundsätzlichen Fragen der Stratigraphie nicht vom Gesichtspunkt der Aufnahmegeologie aus beurteilt werden dürfen, weil das entstehende System sonst den Notwendigkeiten der wissenschaftlich tiefer vordringenden Teilfächer, der Paläogeographie, der Stammesgeschichte, der Lehre von den Faltungsphasen und Faunenwanderungen, nicht gerecht würde (vergl. auch SCHUCHERT, 1935, S. 9). Die Nordamerikaner sind uns aber auf stratigraphischem Gebiet und auf vielen anderen Gebieten darin entschieden überlegen, dass sie die grundsätzlichen Fragen lebhaft und ausgiebig erörtern, was bei uns manchmal als leerer Formalismus abgelehnt wird. Eine Verständigung zwischen den amerikanischen und den europäischen Stratigraphen ist sicher ein Ziel, das jeder Bemühung wert ist.

Es wird nicht möglich sein, mich bei meinen Darlegungen auf das Jungpaläozoikum zu beschränken. So weit es tunlich ist, will ich aber die Frage der Berechtigung und Abgrenzung des Perms besonders berücksichtigen. Ich bilde mir nicht ein, der gegenwärtigen Versammlung über diese Frage sachlich viel Neues sagen zu können. Ich hoffe aber, dass ich als Mesozoiker vielleicht einige brauchbare allgemeine Anregungen geben kann, weil doch unsere ganze Stratigraphie vom Mesozoikum ausgegangen und daher naturgemäss dort am weitesten fortgeschritten ist. Übrigens möchte ich die, die ich nicht überzeugen kann, bitten, zu bedenken, dass ich meine Ansichten in diesem Vortrag nur sehr unvollständig darlegen kann. Um sie zu beurteilen, ist die Kenntnis meiner früheren Schriften, besonders meines Buches von 1930, notwendig.

Meine Ansichten fasse ich in 6 Thesen zusammen:

1. Die Einheiten der geologischen Zeitrechnung sind künstlich.

2. Sie sind primär zeitlich, ihre räumliche Anwendung auf Gesteinskörper ist abgeleitet.

3. Sie sind deshalb ihrem Wesen nach weltweit gültig.

4. Sie sollten zweckmässig, dabei aber möglichst unveränderlich sein.

5. Sie sind von den paläontologischen Zonen ebenso wie von den lithologischen Schichtgliedern wesentlich verschieden.

6. Die Aufgabe der geologischen Chronologie besteht darin, die Stufen, Abteilungen und höheren Einheiten in einem typischen Gebiet durch Übereinkommen festzulegen und die Schichtfolgen anderer Gebiete durch Vergleich mit dem typischen in die Stufen einzureihen. Dabei sind grundsätzlich alle geologischen Erscheinungen heranzuziehen, die irgend wie einen Schluss auf das zeitliche Verhältnis der einzelnen Abschnitte der verglichenen Profile gestatten.

Ich bemerke noch, dass ich mit dem Wort „Verband“ das bezeichne, was man im Englischen *system*, im Deutschen leider meist *Formation* nennt (vergl. PIA, 1930 a, S. 69 und weiter unten).

1. DIE EINHEITEN DER GEOLOGISCHEN ZEITRECHNUNG SIND KÜNSTLICH.

Die geologische Stufenleiter ist also überhaupt nicht die Wiedergabe von wissenschaftlichen Erkenntnissen, sondern ein blosses Werkzeug, um solche zu gewinnen und darzustellen. Sie lässt sich in keiner Weise mit dem System der Organismen vergleichen, das selbst einen hohen Erkenntniswert hat. Die Einreihung der beobachteten Gesteine in das Schema ist eine wissenschaftliche Erkenntnis, die Aufstellung des Schemas aber nicht. Es ist also sinnlos, von der Frage der „Existenz des permischen Systems“ zu sprechen (SHERLOCK, 1930, S. 180) oder zu fragen „What constitutes a system?“ (SCHUCHERT, 1935, S. 8). Und es ist eine vollkommene Verkennung meiner Absicht beim Eintreten für die Stufengliederung, wenn man ihr vorwirft, dass sie „zu keiner tieferen Kenntnis im Wesen historisch-geologischer Vorgänge“ führt (SEITZ, 1932, S. 522). Auch die richtige Datierung einer geschichtlichen Urkunde ist keine tiefe Erkenntnis von ihrem Wesen, wohl aber die Voraussetzung für ihre Auswertung zu solchen Erkenntnissen. Ganz

analog sagt RENIER (1930, S. 101): „Qu'on veuille toutefois se souvenir qu'en mettant de l'ordre là où, de premier abord, les situations paraissent ou bien chaotiques, ou trop simples, la stratigraphie ouvre la voie aux autres disciplines”.

Meine Auffassung von der Künstlichkeit unserer Chronologie ist alles eher als allgemein anerkannt. Auch in den letzten Jahren sind nicht wenige Arbeiten erschienen, die sich bemühen, die Verbände natürlich gegen einander abzugrenzen. Ich nenne etwa DAS GUPTA (1931), HORUSITZKY (1933), KOBAYASHI (1934), WOODWARD (1930). KEYES verlangt für die Aufstellung neuer Perioden „intrinsically basic criteria” (1929, S. 330) und scheint wenigstens an die Möglichkeit zu denken, dass man später eine natürliche Trennung der Perioden auffinden werde (1930 b, S. 202). Am klarsten tritt die Trostlosigkeit dieser ganzen Betrachtungsweise vielleicht in einer Arbeit FREBOLD's über die Grenze zwischen Karbon und Perm (1932) hervor. Er spricht selbst von „uferlosen Diskussionen” (S. 23), die ja sehr oft die Folge einer unrichtigen Fragestellung sind. Wenn er die Sache so darstellt, als ob zwischen den Verbänden eine breite Übergangszone vorhanden wäre, ist das eigentlich noch zu milde, da die Änderung ja niemals still steht und man wohl von keinem Teil eines Systems sagen kann, dass er in jeder Beziehung typisch ist. Daher kommen ja auch die Vorschläge, einzelne Verbände, wie gerade das Perm, zwischen ihre Nachbarn aufzuteilen. So bald man sich nicht auf wenige Organismengruppen beschränkt, bildet eben die eine Hälfte des Systems einen Übergang zum nächst älteren, die andere zum nächst jüngeren. SCHUCHERT (1935, S. 10) trifft den Nagel auf den Kopf, wenn er von der Notwendigkeit spricht, „to agree upon an arbitrary boundary line”. Ganz ähnlich sagt BUBNOFF (1931, S. 639): „Die Zeitgrenze geologischer Perioden und Aeren ist. . . eine auf Übereinkunft beruhende Abstraktion.” Was TEILHARD DE CHARDIN (1934, S. 288) gegen das Eingreifen eines Kongresses in solchen Fragen vorbringt, spricht in Wirklichkeit dafür. Wäre es möglich, die richtige Grenze zwischen Miozän und Pliozän durch fortgesetzte Forschungen zu finden, dann müsste man ihre Feststellung dem Fortschritt der Wissenschaft überlassen und die vielleicht noch lange dauernde Unsicherheit als ein unvermeidliches Übel betrachten. Eben weil es aber, wie TEILHARD richtig hervorhebt, in der Ge-

schichte der Erde keine allgemeinen und augenblicklichen Veränderungen gibt, müssen die Grenzen willkürlich festgesetzt werden. Man kann doch nicht im Ernst empfehlen, aus „Respekt“ vor dem zeitlich verschiedenen Ablauf der geologischen Erscheinungen mehrere Arten der Grenzziehung nebeneinander bestehen zu lassen. In Wahrheit dürfte TEILHARD durch eine unangebrachte Bescheidenheit irre geführt sein. Er wagt es nicht recht, wie es zweckmässig wäre, dafür einzutreten, dass die Gliederung des Tertiärs sich nach den Säugetierfaunen zu richten habe, nicht nach den chronologisch so wenig brauchbaren Transgressionen, die in einem herkömmlichen, jedoch ganz unverdienten Ansehen stehen. Er möchte aber jenen doch wenigstens einen Platz neben diesen retten.

Die Gesichtspunkte, von denen aus eine natürliche geologische Chronologie gesucht wird, haben sich auch in den letzten Jahren nicht wesentlich geändert. Gerade bei der Abgrenzung des Perms hat man wieder nach unterscheidenden Merkmalen des gesamten Fossilinhaltes, die eine Trennung von dem Karbon und der Trias ermöglichen würden, gesucht (SMITH, 1930, S. 179; HERITSCH, 1934, S. 187). Dem gegenüber verweist WHEELER (1934, S. 70) mit vollem Recht darauf, dass Begriffe wie „karbonischer oder permischer Charakter der Fauna“ viel zu unbestimmt und subjektiv sind. Den Ausführungen WOODWARD'S (1930, S. 360) liegt die Vorstellung zugrunde, dass die einzelnen Aeren - gemäss ihren Namen - grossen Entwicklungsabschnitten des Lebens entsprechen sollten. Allerdings scheint er diesem Grundsatz selbst nicht treu zu bleiben, wenn er das Mesozoikum und das Känozoikum zu einem Neozoikum vereinigen will. Denn in dieses würden dann weit grössere biologische Gegensätze fallen (Aufkommen der Angiospermen, der Plazentalsäugetiere, Aussterben der Ammoniten und vieler Reptilstämme), als sie zwischen dem Jungpaläozoikum und dem Mesozoikum bestehen.

Es zeigt sich eben immer wieder, dass die Organismengruppen sich sehr unabhängig von einander umformen und dass es deshalb keine natürlichen Abschnitte in der Entwicklung des Lebens, keine „kritischen Zeiten“ beschleunigter Veränderung (KEYES, 1929, S. 335) für die gesamte Organismenwelt gibt. Wenn man sich deshalb auf bestimmte Tiergruppen beschränkt, bei der Abgrenzung des Perms etwa auf die Ammoniten,

Brachiopoden und Foraminiferen (FREBOLD, 1932, S. 24; HE-RITSCH, 1934, S. 187-88), ist das offenbar keine natürliche Einteilung mehr. Es entscheidet vielmehr im Sinne meiner 4. These der Zweckmässigkeitsstandpunkt. Aber auch innerhalb ein und derselben Gruppe sind scheinbar scharfe Einschnitte in der Entwicklung - genau wie die scharfen Grenzen zwischen manchen unmittelbar mit einander zusammenhängenden Gattungen - mehr durch die Lücken unserer Kenntnis als durch den wirklichen Gang der Veränderungen bedingt. Wie WATSON (1930, S. 183-84) auseinandergesetzt hat, fehlen scharfe Einschnitte zwischen den Wirbeltierfaunen des Karbons, des Perms und der Trias, aber auch innerhalb des Perms, so bald man die Entwicklung bei ungefähr gleichbleibenden Lebensbedingungen, in Sumpfwäldern, in Steppen od. dergl., verfolgt. Die in vielen Ländern auffallenden plötzlichen Veränderungen sind Faziesänderungen. SCHUCHERT hat sicher recht, wenn er aus dem grossen faunistischen Gegensatz zwischen den obersten Permgesteinen und den untersten Triasgesteinen in Indien und China auf das Bestehen einer Lücke schliesst (1935, S. 21 und 28), nicht auf eine plötzliche Änderung der Gesamtfauuna der Erde in der „kritischen“ Zeit an der Wende des Paläozoikums zum Mesozoikum.

Nachdem ich den gegenwärtigen Vortrag schon fertig niedergeschrieben hatte, erhielt ich die neue Zusammenfassung WE-DEKIND's über die Grundlagen der historischen Geologie (1935). Sie bildet ein hochinteressantes Gegenbeispiel zu meiner Auffassung der geologischen Chronologie. Praktisch scheint das Buch recht brauchbar zu sein. Dass sich aber auch bei diesem weit ausgreifenden Versuch keine natürliche Gliederung der geologischen Zeit auf paläontologischer Grundlage ergibt, geht aus der ganzen Darstellung wohl hinlänglich hervor (vergl. bes. S. 104 ff.).

Neben den paläontologischen Gesichtspunkten sind auch die tektonischen immer wieder für eine natürliche Gliederung der geologischen Zeit herangezogen worden. WOODWARD (1930, S. 362) wünscht, dass die Aeren nicht nur einen etwa gleichen Inhalt an biologischen Veränderungen, sondern auch an tektonischen Revolutionen haben. SCHUCHERT stützt sich (1935, S. 3 und 17-19) bei der Zurechnung des Uralians zum Perm ausser auf die faunistischen Beziehungen auch auf das Vorhan-

densein einer Schichtlücke an der Basis der Stufe. Ganz besonders entschieden beruft sich HORUSITZKY (1935) auf STILLE's Gesetz, mit dem ich mich ja schon früher eingehend beschäftigt habe (PIA, 1930 a, S. 74 ff.). Für HORUSITZKY ist die laramische Hauptphase der wichtigste Grund, um die Kreide-Tertiärgrenze zwischen Maestricht und Dan zu ziehen. Kritischer verhält sich HAARMANN (1933), der in vielen wichtigen Punkten von STILLE abweicht. Doch betrachtet auch er die „Primärtektonogenesen“ als die Grundlage der geologischen Zeitrechnung (S. 52, 53, 84). Die Verbände sind ihm natürliche, durch Unterbrechungen der Sedimentation getrennte Einheiten (S. 53). Was er anschliessend (S. 54-55) über die Schwierigkeit des Altersvergleiches mittels Fossilien auf grosse Entfernungen sagt, enthält einen allgemein bekannten richtigen Kern, ist aber wohl sehr übertrieben. Wenn man Krustenbewegungen in entfernten Gebieten nicht durch Fossilien synchronisieren kann, wird eben jede Erdgeschichte unmöglich und es wäre besser, das aufrichtig zu sagen. Zu Gunsten einer gedankenlosen „Leitfossilien-Stratigraphie“ soll damit natürlich nicht eingetreten werden.

Zur Beleuchtung von STILLE's Theorie sei auch auf BRINKMANN's kleine Arbeit über die Oberkreide der nördlichen Kalkalpen (1934) hingewiesen. Sie steht zwar ganz auf STILLE's Standpunkt, die Tabelle auf S. 475 ist aber wohl nicht dazu angetan, diesen zu stützen. Unter den 6 hier aufgezählten oberkretazischen Faltungsphasen fehlt eine in den Nordalpen, eine wurde schon früher für diese aufgestellt, zwei kommen jetzt neu dazu, eine ist in ihrer Parallelisierung zweifelhaft. Nur von einer Faltungsphase heisst es, dass sie einer solchen des Harzvorlandes „recht nahe entsprechen dürfte“ (S. 474). Es ist klar, dass man auf diese Art auch noch so regellos erfolgende Störungen in ein System von Faltungsphasen hineinbringen muss.

Ziemlich eingehend ist in den letzten Jahren die Frage erörtert worden, ob im nordwestdeutschen Oberkarbon Sedimentation und Faltung teilweise gleichzeitig sind, ob die Faltung also - im Gegensatz zu STILLE's Vorstellung - eine geologisch messbare Zeit gedauert hat. Vergl. die Arbeiten von STACH, KELLER, HAHNE und die bei ihnen angeführten weiteren Schriften. Übereinstimmung über diesen Punkt ist noch nicht erzielt. STACH's Darlegungen scheinen mir aber doch ziemlich überzeu-

gend. KELLER befasst sich (1933) vorwiegend mit Fragen, die von unserem jetzigen Standpunkt aus als nebensächlich erscheinen. In dem von HAHNE hauptsächlich behandelten Gebiet der Inde bei Aachen liegen die Verhältnisse scheinbar ziemlich anders, als im Ruhrgebiet. Einen ausgezeichneten, in den allgemeinen Erörterungen noch zu wenig beachteten Fall der Gleichzeitigkeit von Sedimentation und Bruchbildung hat FRIEDL (1932, S. 22) aus dem Pliozän des Wiener Beckens beschrieben.

Wenn auch alle diese Untersuchungen noch nicht abgeschlossen sind - welche Untersuchungen wären das in der Wissenschaft? - gewinnt man doch den Eindruck, dass die Lehre von der Plötzlichkeit der Gebirgsbildung durch sie ernstlich erschüttert wird und dass die Eignung der Störungsphasen für eine natürliche Gliederung der geologischen Zeit auch von dieser Seite recht zweifelhaft erscheint.

VERSEY (1930, S. 184) möchte dem Perm natürliche Grenzen in Gestalt von Faltungsphasen geben und diesen Namen deshalb auf das obere Perm im bisherigen Sinn beschränken. Abgesehen davon, dass ein solcher Vorgang zu Missverständnissen führen müsste, erscheint er nach dem Gesagten theoretisch nicht begründet.

Eine Art Bestreben nach einer natürlicheren Gestaltung der Stratigraphie liegt wohl auch der Forderung zugrunde, dass deren Hauptabschnitte ungefähr gleich lang sein sollen (ASHLEY, 1932 a, S. 474; KEYES, 1929, S. 321; 1930 a, S. 111; 1930 b, S. 206; WOODWARD, 1930, S. 354). Es sei nicht verkannt, dass eine solche Gliederung auch praktische Vorteile, besonders für die Lehrtätigkeit, hätte. Sollten wir einmal so weit gelangen, dass wir die Perioden halbwegs genau in Jahrtausenden messen können, dann mag es zweckmässig sein, der erwähnten Forderung zu entsprechen. Gegenwärtig, da das Urteil über das Längenverhältnis der Perioden gossenteils ein gefühlsmässiges ist, wäre eine Änderung verfrüht.

Dass das Perm kürzer ist, als die anderen Perioden, halte ich allerdings (trotz SPATH, 1934, S. 25) für äusserst wahrscheinlich. Ich führe aus meinem engeren Arbeitsgebiet an, dass die Wirtelalgenart *Mizzia velebitana* Schub. durch das ganze Perm hindurch zu gehen scheint, wie ich dies in meinem Amsterdamer Vortrag (1936) näher ausgeführt habe.¹⁾ Ein solcher

¹⁾ Vergl. auch meinen zweiten Beitrag zu dem vorliegenden Band.

Fall ist mir in keinem anderen Verband bekannt. Um dieser auffallendsten Ungleichmässigkeit in unserem stratigraphischen Schema abzuhelpen, könnte man das Perm als blosser Abteilung dem Karbon anschliessen oder den Namen überhaupt nur für ein örtliches Schichtglied verwenden (KEYES, 1930 d, S. 228). Ein anderer Ausweg läge darin, die grösseren Verbände so weit unterzuteilen, dass die neuen Einheiten dem Perm ungefähr gleich werden (ASHLEY, 1932 a, S. 474). Wie gesagt, würde mir beides derzeit als stark verfrüht erscheinen. Mit TRECHMAN (1930, S. 183) sehe ich keinen Grund, „to do away with the Permian“ - eine Wendung, die mir auch deshalb sehr zusagt, weil sie deutlich zeigt, dass es sich hier nicht um die Feststellung einer Tatsache, sondern um die Durchführung einer von uns abhängenden Massregel handelt.

Zwischen natürlichen Einheiten, wie den Arten, können Übergänge bestehen, die als solche bezeichnet werden müssen, um den Tatsachen gerecht zu werden. Bei künstlichen Einheiten ist ein solcher Vorgang sinnlos. Deshalb stellen wir eine Art immer nur zu einer Gattung, selbst dann, wenn die Zurechnung recht zweifelhaft ist. NEAVEYSON hat also (1930, S. 186) ganz recht, wenn er sich gegen die Worte „Permokarbon“ und „Permotrias“ wendet, in so ferne man damit im Sinne der ursprünglichen Absicht (siehe SCHUCHERT, 1935, S. 12) eigene Stufen versteht, die weder zu dem einen noch zu dem anderen Verband gehören. Ich möchte jedoch nicht so streng sein, die Namen ganz auszumerzen. Es muss - was leider viel zu wenig beachtet wird - eine Reihe von einheitlichen Schichtgliedern geben, die teils zum Perm, teils zur Trias gehören. Für die Tatarischen Schichten Russlands scheint das zuzutreffen (SCHUCHERT, 1935, S. 13). Von anderen kann man derzeit nur sagen, dass sie entweder zum Karbon oder zum Perm bzw. zum Perm oder zur Trias gehören. In diesen Fällen ist der zusammengesetzte Name wohl ganz bequem und unschädlich (vergl. etwa SALOMON, 1933, S. 1). Wenn aber TEILHARD DE JARDIN ganz neuerdings (1934, S. 288-289) wieder vorschlägt, zwischen die Abteilungen des Tertiärs „intercalary periods“ einzuschalten, etwa das Aquitan zwischen Oligozän und Miozän, das Pont zwischen Miozän und Pliozän, so zeigt das wohl nur, wie wenig wir aus den Erfahrungen selbst ganz nahe stehender Wissenszweige zu lernen imstande sind.

2. DIE EINHEITEN DER GEOLOGISCHEN ZEITRECHNUNG SIND PRIMÄR ZEITLICH.

Um Wiederholungen zu vermeiden und auch, weil die Beziehungen zur Frage des Perms nur entferntere sind, will ich diese These möglichst eng fassen. Viele Fragen, die teilweise mit ihr zu tun haben, werden erst unter Punkt 5 besprochen werden.

DAVIES hat - offenbar ohne Kenntnis meiner Arbeiten - den Kern meiner Ansichten in einem kurzen Satz ausgesprochen (1930, S. 226): „A stage is the sediment deposited in an age“. Der Zeitabschnitt, das „age“, ist also das Primäre, das „stage“ wird sekundär durch jenes bestimmt. Sehr oft wird die Sache allerdings umgekehrt dargestellt, so als ob die gebildeten Absätze das primäre, die Dauer ihrer Bildung das sekundäre wäre, z.B. bei ASHLEY, CHENEY etc. (1933, S. 445): „Period, the time during which a standard system of rocks was formed“. Auch hier erscheint also die Periode als eine zeitliche Einheit, aber als eine abgeleitete. Gegen diese Fassung lassen sich weniger grundsätzliche als praktische Erwägungen geltend machen: Die Möglichkeit, dass die so definierten Einheiten einander übergreifen oder Lücken zwischen einander lassen; ferner die Gefahr einer Vermengung von Stufen und Schichtgliedern. Ich ziehe deshalb meine Methode der „stufenscheidenden Ereignisse“ immer noch vor.

Gegen meine ganze Betrachtungsweise hat OTTO SEITZ in zwei Veröffentlichungen (1931 und 1932) Stellung genommen - wie mir scheint in weitgehender Verkennung des Wesens der ganzen Frage. Um ihn zu widerlegen, genügt eigentlich ein Zitat aus dem berühmten „Querist“ des von mir so hochgeschätzten englischen Philosophen George BERKELEY (Part III, Query 54, 1737): „Whether that which is an objection to everything be an objection to anything?“ Dass unsere ganze Aussenwelt die Formen der Zeit und des Raumes hat, ist wohl zu selbstverständlich, als dass ich es eigens hätte betonen müssen. Es lässt sich von ihr daher überhaupt nichts aussagen, was nicht irgend wie sowohl zeitlich als räumlich wäre. Wollte man sich darauf versteifen, so käme man zu dem Ergebnis, dass es - wenigstens in der Naturwissenschaft - überhaupt keine zeitlichen oder räumlichen Vorstellungen, sondern nur zeitlich-räumliche gibt.

Man kann eben jeden Begriff so lange überspitzen, bis überhaupt kein Gegenstand mehr unter ihn fällt. Ich habe schon vor Jahren (PIA, 1922, S. 92) auseinandergesetzt, dass es unzweckmässig ist, den Begriff der Gattung in der Biologie so rein phylogenetisch zu fassen, dass die bestehenden Genera nicht unter ihn fallen. Ganz dasselbe gilt vom Begriff einer zeitlichen Einheit. Gewiss sind die Begriffe mitteleuropäische Zeit, Sterntag, Sonnenjahr, Mondmonat irgend wie räumlich bedingt, weil eben Mitteleuropa und die Gestirne im Raum sind. Deshalb wird man diese Begriffe doch mit Recht als zeitliche bezeichnen, weil sich die Aufmerksamkeit bei ihnen wesentlich auf die zeitlichen Bestimmungen richtet, für die die räumlichen nur Hilfsmittel sind. Dagegen ist Heerlen ein räumlicher Begriff, obwohl die Stadt sicher nur eine beschränkte Anzahl von Jahrhunderten bestehen wird.

Gegen den Satz von SEITZ (1931, S. 94) „Alle stratigraphischen Begriffe haben einen raumzeitlichen Inhalt“ habe ich also eigentlich nur dreierlei einzuwenden: Dass es darin statt „stratigraphisch“ mindestens „naturwissenschaftlich“ heissen müsste - es wäre wohl auch das noch viel zu eng -, dass es also ganz unnötig ist, die Raum-Zeitlichkeit gerade in der Stratigraphie eigens zu betonen, und dass trotz der grundsätzlichen Giltigkeit des also erweiterten Satzes unter den stratigraphischen Begriffen sehr deutlich zwei Gruppen zu unterscheiden sind, solche, die die zeitliche Beziehung, und solche, die die räumliche Beziehung ganz vorwiegend betonen. Es ist nützlich und dem allgemeinen Gebrauch gemäss, die einen zeitliche Begriffe zu nennen und die anderen räumliche.

Ebenso wenig, wie die Unmöglichkeit vollkommen rein zeitlicher naturwissenschaftlicher Begriffe, braucht die Unmöglichkeit einer „abstrakten Zeiteinteilung“ (SEITZ, 1931, S. 92) eigens hervorgehoben zu werden. Die gibt es nicht nur in der Geologie nicht, sondern überhaupt nicht. Infolge der Eindimensionalität der Zeit ist es ja offenbar unmöglich, zwei Zeiten nebeneinander zu legen und ihre Längen zu vergleichen, wie man dies bei Strecken tun kann. Deshalb wird die Zeit ausnahmslos dadurch gemessen, dass man irgend welche räumliche Grössen bestimmt, von denen man annimmt, dass sie dem Ablauf der Zeit streng proportional sind. Die Zweifel, die sich dabei ergeben können, etwa bezüglich der gleichbleibenden Um-

drehungsgeschwindigkeit der Erde, sind ebenfalls allgemein bekannt. Auch hier lässt sich also der Satz von BERKELEY wieder ausgezeichnet anwenden. Falsch, ja sinnlos ist es allerdings, wenn SEITZ (S. 92) sagt, dass die Zeit der Stufen „durch einen bestimmten Ort“ oder „durch die typische Region“ definiert ist. Durch einen Ort kann man eine Zeit nicht definieren, sondern höchstens durch eine Ortsveränderung.

Besonders deutlich wird das zeitliche Wesen der geochronologischen Einheiten, wenn wir die Versuche zur Einteilung des Präkambriums ins Auge fassen. Ich darf dabei wohl davon absehen, dass diese Versuche meiner Ansicht nach sachlich ziemlich schlecht begründet sind. Es handelt sich ja nur um die Methode. In LAWSON'S Vorschlag (1930) sind beispielsweise die Haupteinheiten ganz deutlich nur durch trennende Ereignisse, in diesem Fall Gebirgsbildungen, bestimmt. Das Algonk ist die Zeit zwischen der eparchäischen Einebnung und dem ersten Auftreten der unterkambrischen Fauna. Es bleibt eine Zeit, obwohl die massgebenden Beobachtungen zu seiner Definition gerade im Gebiet des Lake Superior angestellt wurden. In den Erörterungen über das Präkambrium spielen aber auch - angeblich sehr lange - geologische Zeitabschnitte eine Rolle, denen überhaupt keine Sedimente, also keine räumlichen Gebilde entsprechen sollen. Man vergleiche WALCOTT'S Lipalian (1910, S. 14) oder das epilaurentische und das eparchäische Intervall bei LAWSON. Dieses schätzt LAWSON (1934, S. 1072) auf etwas mehr als 200 Millionen Jahre. Ich sehe von der sachlichen Berechtigung wieder ab. Um einen logischen Widerspruch handelt es sich jedenfalls nicht. Auch sind die Begriffe keineswegs ganz leer. Man kann über die Abtragungsvorgänge oder die biologischen Entwicklungen, die in diese Zeiten fallen sollen, immerhin allerlei aussagen. Sollte es diese grossen Regressionen wirklich auf der ganzen Erde gegeben haben (was ich nicht glaube, vergl. PIA, 1930 a, S. 88 ff.), so wären die entsprechenden Zeitbestimmungen nur in so weit räumlich gebunden, dass sie eben auf der Erde und nicht auf dem Mond und der Sonne festgestellt sind. In diesem Sinne sind freilich alle geologischen Begriffe auch räumlich.

Ursprünglich glaubte SEITZ, aus seinen Überlegungen schliessen zu sollen, dass die einander entsprechenden Kategorien der Aereinteilung und der Gruppeneinteilung mit einan-

der synonym sind, dass also etwa Abteilung dasselbe ist, wie Epoche usw. (1931, S. 92, Anm. 13 a). Später nimmt er diese Behauptung zurück (1932, S. 521), beharrt aber doch darauf, dass die zeitlichen Begriffe überflüssig sind. Ich möchte mich zur Widerlegung dieser Meinung, da ich kein Freund von Autoritäten bin, nicht darauf berufen, dass der Geologenkongress in Bologna ja wohl gewusst haben wird, warum er in der Stratigraphie neben den räumlichen Gebilden auch zeitliche unterschied. Ich betrachte es allerdings als ein grosses Glück, dass man niemals darauf eingegangen ist, die einzelnen Verbände oder Stufen und die dazu gehörigen Zeiten verschieden zu benennen - analog etwa, wie man es bei den Faltungsphasen leider getan hat (vergl. HAARMANN, 1933, S. 56). BUCKMAN befand sich ja schon auf diesem Weg (vergl. PIA, 1930 a, S. 87). Man kann also das Wort Karbon sowohl in einem räumlichen als in einem zeitlichen Sinn verwenden. Um so notwendiger ist es dann, diese beiden Bedeutungen gut getrennt zu halten, indem man eben einmal von einem karbonischen Verband, das andere Mal von einer karbonischen Periode redet. Schon rein sprachlich ist das ganz unerlässlich. Die grossen Dinosaurier haben in der Kreidezeit gelebt, aber doch nicht in den kretazischen Schichten. Die Entwicklung der Angiospermenstämme muss grossenteils in die Jurazeit fallen. In den Juraschichten sehen wir leider sehr wenig davon. Die Menschen sind in der Plistozänzeit nach Europa eingewandert, aber doch nicht in den Plistozänabsätzen, denn sie waren zwar teilweise Höhlenbewohner, aber keine Maulwürfe. Nur ein ganz einseitiger Aufnahmegeologe könnte die Notwendigkeit dieser Unterscheidungen übersehen. Für jeden, der Erdgeschichte treiben will, liegt sie auf der Hand.

SEITZ selbst zeigt unabsichtlich durch einige unlogische Wendungen, wie unentbehrlich die Trennung der zeitlichen und räumlichen Begriffe ist. Er spricht (1931, S. 89-90) davon, dass in einem Profil die Zone des *Ammonites alpha* ausfallen kann, „die Hemere des *Ammonites alpha* wäre aber (nach PIA) trotzdem vorhanden“. Was soll eine solche Aussage für einen Sinn haben? SEITZ bemerkt doch selbst unmittelbar danach, es sei selbstverständlich, dass die Absatzzeit einer Zone auf der ganzen Erde „bestanden“ habe. Schon BUCKMAN hat den Fehler in heiterer Weise beleuchtet, der gemacht wird, wenn man von

dem Vorhandensein oder Fehlen von Hemeren spricht: Ein Arbeiter, dem sein Gabelfrühstück gestohlen worden ist, wird nie auf den Gedanken kommen, zu sagen, dass „heute 10 Uhr fehlt“ (BUCKMAN, 1902, S. 555; DAVIES, 1930, S. 227), er wird aber auch nicht sagen, dass 10 Uhr an seinem Arbeitsplatz vorhanden ist (vergl. auch noch BUCKMAN, 1903).

Ich sollte nun wohl noch darauf eingehen, dass die zeitliche Bedeutung der erdgeschichtlichen Einheiten der räumlichen logisch vorangeht. Ich habe meinen früheren Ausführungen darüber (1930 a, S. 70-71) und den heute schon gemachten Bemerkungen (S. 10) kaum etwas hinzuzufügen. Es ist allzu offensichtlich, dass die zu einem Verband gestellten Gesteine in nichts übereinstimmen, als in der Ablagerungszeit. Die Kohlenflötze, roten Sandsteine, Fusulinenkalke, Dolomite, Salzlager usw. des Perms haben offenbar keine gemeinsamen lithologischen Merkmale, auf Grund derer sie als permisch erkannt werden könnten. Jedes dieser Gesteine stimmt viel mehr mit anderen Absätzen gleicher Fazies, aber anderen Alters überein, als mit den übrigen permischen. Dasselbe gilt - was selbst BUBNOFF (1931, S. 634) nicht klar zu erkennen scheint - für den Fossilinhalt. Pflanzenführende Schiefer, Brachiopodenkalke und reptilreiche Karruschichten werden nicht wegen der Ähnlichkeit ihrer Versteinerungen zum selben Verband gestellt, denn eine solche ist nicht vorhanden. Gemeinsam ist ihnen nur der Umstand, dass sie - sagen wir - zwischen dem ersten Auftreten von *Medlicottia* in Russland und dem Erscheinen der Werfener Fauna in Südtirol abgesetzt wurden. Ich lege auf diese Betrachtungsweise deshalb so grossen Wert, weil sie sich bewusst gegen die immer wiederkehrenden Versuche wendet, die Zugehörigkeit eines Schichtgliedes zu einem Verband aus irgend welchen lithologischen oder paläontologischen Merkmalen als solchen (nicht als Hinweisen auf das zeitliche Verhältnis zu den Erscheinungen in einem typischen Profil) zu erschliessen. Ich gehe allerdings nicht so weit, wie SEITZ, der (1931, S. 88) behauptet, die Zeit, die zur Bildung eines Sedimentes notwendig ist, sei eine durch Beobachtung empirisch gefundene Tatsache. Dass zur Bildung eines Sedimentes überhaupt Zeit notwendig ist, ist keine empirische Tatsache, die Länge dieser Zeit aber, selbst ihre relative Länge, können wir leider nicht beobachten, da sie, wie SEITZ selbst (S. 89) bemerkt, der

Vergangenheit angehört. Deshalb ist die Zone, im Gegensatz zur Stufe, primär ein räumlicher Begriff, wie hier vorgreifend gleich angemerkt sei. Denn das Entstehen und Aussterben der fossilen Arten können wir nicht beobachten, sondern nur die Verbreitung ihrer Reste in gewissen Absätzen. Erst aus dieser räumlichen Verbreitung schliessen wir (mehr oder weniger genau und sicher) auf eine bestimmte Lebensdauer. Es ist mir ganz unbegreiflich, wie man nicht einsehen kann, dass in diesem Fall die zeitliche Bestimmung die abgeleitete ist. Die Zone ist eben durch ein beobachtbares Merkmal, das Auftreten eines bestimmten Fossiles, gekennzeichnet. Bei den Stufen, Abteilungen usw. fehlt ein solches unmittelbar beobachtbares Kennzeichen, wie schon dargelegt. Wenn wir die Gesteine in sie einreihen wollen, sind wir darauf angewiesen, unter Benützung von Fossilzonen, Diskordanzen, Vereisungsspuren, vulkanischen Aschenlagen, kurz aller irgend wie erreichbaren Anhaltspunkte, herauszubringen, ob sie vor oder nach bestimmten, durch Übereinkommen ausgewählten geologischen Ereignissen sedimentiert wurden. Deshalb sind die zeitlichen Aeren, Perioden, Epochen die primären Begriffe, die Gruppen, Verbände, Abteilungen die abgeleiteten. Zwischen den Hemeren und Zonen ist das Verhältnis umgekehrt.

3. DIE EINHEITEN DER GEOLOGISCHEN ZEITRECHNUNG SIND IHREM WESEN NACH WELTWEIT GÜLTIG.

Gegen diese Forderung wird in zweierlei Richtung häufig gefehlt: Man setzt entweder ihre Unerfüllbarkeit oder ihre Erfüllung einfach voraus und baut auf dieser Voraussetzung eine stratigraphische Methode auf. Wenn wir auf das Ideal einer weltweit gültigen, sehr ins einzelne gehenden geologischen Zeiteinteilung von vorneherein verzichten, geben wir damit ohne zwingenden Grund alle Hoffnung auf ein wirkliches Verständnis des geologischen Geschehens auf. Man darf freilich auch nicht mit LANGE (1931, S. 363-64, dazu WETZEL, 1932, S. 458) aus dem Bedürfnis nach weltweiten Korrelationen auf die Erfüllung dieses Bedürfnisses schliessen. Es wäre ja denkbar, dass es sich hier um eine Aufgabe handelt, die wir mit den

bisher bekannten Methoden nicht in Angriff nehmen können. Wahrscheinlich liegt aber doch einer der Fälle vor, in denen wir uns einem Ideal asymptotisch nähern können. Dann ist es besonders wichtig, das Ideal nicht aus dem Auge zu verlieren. Das muss gerade deshalb gesagt werden, weil wir augenblicklich wieder in einer Reaktion gegen die unbedenkliche Annahme der weltweiten Geltung auch der feinsten paläontologischen Unterschiede stehen. (Man vergleiche die bekannten, bei WETZEL teilweise angeführten Arbeiten von VOLLRATH, FRANK und RÜGER, aber auch SPATH, 1931, der jetzt sehr an der weiten Verfolgbarkeit der feinen BUCKMAN'schen Zonen zweifelt).

Eine merkwürdige Form des Verzichtes auf eine allgemein gültige Chronologie ist das in Amerika sehr verbreitete Verfahren, nur die grössten Einheiten, die Verbände und teilweise die Abteilungen, für weltweit zu halten, als kleinere Einheiten aber nur lokale Schichtglieder zu verwenden (KEYES, 1930 c, S. 341 und 343-44; ASHLEY, CHENEY etc., 1933, S. 429 und 446). Die zuletzt genannten sagen ausdrücklich, dass nicht einmal alle „series“ (Abteilungen) eine zeitliche Bedeutung haben. Der Begriff der „Stufe“ (stage) wird in Amerika nicht verwendet, ausser bei der Gliederung des Plistozäns. Ich komme auf diesen Punkt später zurück.

Ganz anders ist die Einführung von Hilfsstufen zu beurteilen. Die grossen Schwierigkeiten, die heute noch vielfach dem Vergleich von Profilen in verschiedenen Kontinenten entgegenstehen, bringen es nämlich mit sich, dass man sich nicht selten zu einer Art Zwischenlösung der Aufgabe entschliessen muss, die eine gewisse Einschränkung des Grundsatzes von der weltweiten Gültigkeit der Stufen mit sich bringt. Man wird nämlich für Länder, deren Anschluss an das typische Gebiet nicht gelingt, Hilfsstufen verwenden, die in dem Land selbst definiert werden. RESSER (1933, S. 737) spricht von einer „sekundären Skala“. Auch bei WHEELER (1934, S. 70) wird der Gedanke der Hilfsstufen angedeutet, wenn sie auch noch nicht klar genug von den Schichtgliedern getrennt sind.

Die Anwendung der Hilfsstufen hat sich nach dem Grundsatz zu richten, dass sie ein vorläufiger Notbehelf sind (PIA, 1930 a, S. 84). Einen solchen benützt man nicht, wenn er nicht wirklich notwendig ist; man scheut vor ihm aber auch nicht zurück, wenn er wirklich einer Not abhilft. Auf alle Fälle muss

man sich darüber klar sein, dass mit der Einführung des Notbehelfes die Aufgabe noch nicht gelöst ist.

Eines der bekanntesten Beispiele für die Notwendigkeit, chronologische Einheiten in getrennten Gebieten selbständig festzulegen, bildet das Altpaläozoikum mit seiner weitgehend verschiedenen Entwicklung in Europa und im grössten Teil von Nordamerika. Die schon erwähnte Arbeit von RESSER führt deshalb die Gliederung des Kambriums für diese beiden Gebiete ganz selbständig durch (1933, S. 738-39). Sogar die drei Abteilungen des Unter-, Mittel- und Oberkambriums werden dabei unabhängig ermittelt, und ihre Grenzen stimmen in den beiden Provinzen offenbar nicht genau überein. Gründe für eine annähernde Entsprechung der Hauptmassen der Abteilungen liegen vor (RESSER, S. 754). Einen dieser Gründe, die Beziehungen beider Ausbildungen des Kambriums (und Ordoviziums) zur ostasiatischen, hat KOBAYASHI (1934) näher behandelt. Er scheint sich allerdings noch nicht ganz klar darüber zu sein, ob er die ostasiatische Ausbildung zur typischen erheben will, oder ob sie nur dazu dienen soll, die europäische an die typische amerikanische anzuschliessen.

Ein ausgezeichnetes Beispiel für eine Gliederung in Hilfsstufen ist die Einteilung des englischen produktiven Karbons. Man vergl. bes. die Tabelle von CROOKALL (1932, S. 110), in der die Serien und Gruppen recht folgerichtig durch Gesteinsgrenzen in einem bestimmten typischen Gebiet gegen einander abgeteilt werden; auch diejenige von DIX (1934, S. 829). Ich habe allerdings immer noch den Eindruck, den ich schon bei einer Wechselrede auf dem Kongress in Cambridge ausgesprochen habe, dass die Engländer in der Anwendung von Hilfsstufen weiter gehen, als unbedingt notwendig ist.

Noch viel offener geschieht das in anderen Beispielen. Mag es noch hingehen, dass für die Süsswasserentwicklung des Pliozäns in Österreich vier Hilfsstufen verwendet werden (FRIEDL, 1932, S. 25), so scheint es doch übermässig, wenn für das benachbarte rumänische Süsswasserbecken wieder andere Namen in Gebrauch sind. Das muss dazu führen, dass das Schrifttum für jeden, der nicht gerade auf diesem Gebiete arbeitet, unverständlich wird - einer der schwersten Einwände, die man gegen eine wissenschaftliche Darstellungsweise machen kann.

Die von TEILHARD (1934, S. 289) ins Auge gefasste Einführung eigener Stufennamen für die kontinentale Entwicklung des Tertiärs halte ich für durchaus unzweckmässig. Die Einreihung der marinen Absätze in die durch Säugetierfaunen bestimmten Stufen ist doch schon ziemlich weitgehend gelungen. Neue Stufennamen wären unnötig und deshalb schädlich. Sie würden ausserdem das Streben nach einem zeitlichen Vergleich aller Tertiärabsätze nicht fördern, sondern hemmen.

Aber auch der entgegengesetzte Fehler kommt vor, dass nämlich räumlich begrenzte, aber doch von der Fazies unabhängige stratigraphische Einheiten dort nicht aufgestellt werden, wo sie dringend notwendig wären. Das auffallendste mir bekannte Beispiel dafür ist die germanische Trias. Ihre Gliederung gründet sich ja zunächst auf faziell bedingte, teils lithologische, teils paläontologische Unterschiede. Es gelingt zwar schon, die so gewonnenen Schichtglieder ungefähr in die in den Ostalpen definierten Stufen einzureihen (vergl. PIA, 1931, S. 162-63). Diese Einreihung ist jedoch zu schwierig und zu ungenau, als dass sie bei den Einzelarbeiten fortlaufend verwendet werden könnte. Die in den einzelnen Teilen des germanischen Gebietes unterschiedenen Einheiten sind aber offenbar, auch wenn sie gleich benannt werden, nur sehr mangelhaft synchron. M. SCHMIDT, gewiss einer der besten Kenner der deutschen Trias, vermutet (1928, S. 17), dass der Absatz der zum oberen Buntsandstein gestellten roten Tone Südwestdeutschlands „vielleicht bis tief in die Muschelkalkzeit hinein“ gereicht habe. Es gehe aber nicht an, sie zum Muschelkalk zu rechnen, weil sie nicht aus dem erst später in diese Gegenden vordringenden Muschelkalkmeer, sondern aus einem Festlandgebiet mit nur ganz vorübergehenden Wasseransammlungen stammen. Der Muschelkalk ist also für SCHMIDT augenscheinlich kein chronologischer Begriff (vergl. auch BUBNOFF, 1931, S. 636). Die Ausführungen FRANK's über die Grenze zwischen Lettenkeuper und Gipskeuper zeigen ebenfalls ein sehr bezeichnendes Schwanken zwischen einer zeitlichen und einer faziellen Fassung dieser Einheiten (1932, S. 210), ganz ähnlich, wie man es im Schrifttum des vorigen Jahrhunderts über die alpine Trias findet (vergl. PIA, 1925 a, S. 65). Besonders typisch ist aber der jüngst von STOLLEY dargelegte Fall des Trochitenkalkes (1934). Danach entspricht das, was man in Südwestdeutschland Trochitenkalk

nennt, nicht dem Trochitenkalk, sondern den unteren und mittleren Ceratitenschichten Norddeutschlands. STOLLEY tritt deshalb dafür ein, statt der lithologischen Namen die „Ceratitenstufen“ zu verwenden. Das ist offenbar ein Ausweg, der - abgesehen von anderen Nachteilen - nicht für die ganze Trias brauchbar ist.

Es muss kaum noch einmal betont werden, dass streng zeitliche Einheiten unentbehrlich sind, wenn man eine Geschichte des deutschen Triasmeeres und seiner Bewohner schreiben will (vergl. dazu STOLLEY, S. 361). In diesem Falle schiene mir die Einführung von Hilfsstufen durchaus berechtigt. Sie hätte mindestens den einen Vorteil, dass die jetzt verschleierte Fragen aufgerollt würden.

Wenden wir uns zum Schluss der Erörterungen über die dritte These wieder dem Perm zu. Durchgreifende Gegensätze sind fast immer lehrreich. Darum erwähne ich zunächst eine Bemerkung SHERLOCK's (1930, S. 182). Nach ihm scheine in Südafrika eine zusammenhängende Schichtfolge vom Karbon bis zum Rhät vorhanden zu sein. Man finde aber „no positive evidence of a Permian“. Man sollte glauben, dass es keinen schlagenderen Beweis für das Vorhandensein des Perms geben kann, als eine zusammenhängende Schichtfolge vom Karbon bis zur Trias. Offenbar schwebt SHERLOCK vor, dass man Gesteine nur auf Grund bestimmter lithologischer oder paläontologischer Merkmale als permisch ansprechen könne, nicht auf Grund ihres Alters allein. Sehr oft begegnet einem auch das Bestreben, die natürlichste oder doch zweckmässigste Grenze des Perms in den einzelnen Ländern immer wieder neu auf Grund der örtlichen Verhältnisse zu ermitteln (SMITH, 1930, S. 180; FREBOLD, 1932, S. 27; WHEELER, 1934, S. 65-67). Durch diese Fehler und andere Schwierigkeiten ergeben sich die ungeheuren Verschiedenheiten in der Grenzziehung zwischen Karbon und Perm, die WHEELER in einer ebenso anschaulichen wie verblüffenden Tabelle dargestellt hat (1934, S. 64).

Der Mangel einer weltweiten Giltigkeit ist es schliesslich, der die im Präkambrium aufgestellten stratigraphischen Einheiten von den wirklichen Stufen, Abteilungen oder Verbänden unterscheidet. Scheinbar würde sich ja eine richtige Stufengliederung ergeben, wenn man den von LAWSON (1930) zur Trennung des Algonk, Huron usw. herangezogenen Ereignissen (Faltungen,

Abtragungen) immer die Bezeichnung des typischen Gebietes, „auf der NW-Seite des Lake Superior“ hinzufügte. Wegen des Mangels an Fossilien fehlt aber die Möglichkeit, diese Ereignisse in weit entlegenen Ländern wiederzuerkennen. Die lithologische Kennzeichnung der Serien ist dazu - weil faziell bedingt - sicher ganz ungeeignet. Eine Diskordanz im Präkambrium Finnlands mag von einer solchen in Nordamerika zeitlich um viele Hunderte von Jahrmillionen abstehen, ohne dass man ihr dies im geringsten ansehen könnte. Die Zweifel, die diesbezüglich bei den Leitfossilien bestehen, erscheinen dem gegenüber verschwindend klein und können überdies durch Verwendung recht vieler Arten weiter eingeschränkt werden. Wenn LAWSON (S. 292) dafür eintritt, dass man die Parallelisierung der Diskordanzen, Granitintrusionen usw. trotz Fehlens von Beweisen zunächst einmal versuchen solle, erscheint mir dies allzu willkürlich. Es besteht da, wie bei den jüngeren Faltungsphasen, die Gefahr, dass man immer mehr an das einmal angenommene (und allmählich entsprechend erweiterte) Schema glaubt, nur weil sich bei dem vollständigen Fehlen von wirklichen Anhaltspunkten seine Unrichtigkeit nicht beweisen lässt. Da scheint es mir denn doch richtiger, einzugestehen, dass eine den jüngeren Verbänden entsprechende chronologische Gliederung im Präkambrium mit den bisher bekannten Mitteln nicht möglich ist.

4. DIE EINHEITEN DER GEOLOGISCHEN ZEITRECHNUNG SOLLTEN ZWECKMÄSSIG, DABEI ABER MÖGLICHST UNVERÄNDERLICH SEIN.

Die beiden in dieser These aufgestellten Forderungen widersprechen einander augenscheinlich zum Teil, denn die ältesten Vorschläge können unmöglich immer die zweckmässigsten sein. Andererseits sind sie aber fast gleichbedeutend, denn ich stimme mit DIENER (1925, S. 171) ganz in der Meinung überein, dass es nichts unzweckmässigeres für ein Bezugssystem gibt, als fortgesetzte Versuche zu seiner Abänderung. Man darf diese konservative Einstellung allerdings nicht mit dem Prioritätsstandpunkt verwechseln. Ganz zutreffend unterscheidet KEYES (1930 d, S. 212) von der Priorität den heute vorherrschenden

Gebrauch. Dass wir jene in der Stratigraphie nicht streng anwenden können, liegt zunächst daran, dass die Verbände einander bei ihrer ersten Aufstellung sehr stark übergriffen. In der Abgrenzung der Gattungen und Arten gibt es ja auch keine Priorität, sondern nur in der Benennung. Nach KEYES (1930 d, S. 214-15 und 225) wären etwa $\frac{9}{10}$ der Profile im östlichen Russland, die MURCHISON als Typus des Perms beschrieb, synchron mit Gesteinen, die ALBERTI 7 Jahre vorher zur Trias gestellt hatte. Auch sonst enthält die Definition des Perms durch MURCHISON Widersprüche (vergl. WHEELER, 1934, S. 65). Nicht minder unklar war lange Zeit die Grenze zwischen Kambrium und Silur (KEYES, 1929, S. 325), der Umfang des Paläozoikums (WOODWARD, 1930, S. 356) usw., usw. Man müsste, um die Priorität genau zu wahren, von jeder später definierten Einheit alles das abziehen, was schon durch eine früher definierte gedeckt war. Ob dabei etwas Brauchbares und halbwegs Sicheres herauskäme, möchte ich bezweifeln.

Im Laufe der Jahre hat sich aber ein ziemlich allgemeiner Gebrauch herausgebildet, wie alle diese Namen wenigstens in groben Zügen zu verstehen sind, wenn auch die genauere Grenzziehung vielfach umstritten ist. Wesentliche Änderungen scheinen sich jetzt kaum mehr durchsetzen zu können (vergl. WOODWARD, 1930, S. 356-57). Das dürfte auch von den zahlreichen Vorschlägen gelten, die KEYES (1929, 1930 a-c) gemacht hat: über die Wiedereinführung der von EMMONS 1842 aufgestellten Namen Taconic und Yorkic (schon wegen des Gleichklanges mit dem viel bekannteren Yorkian bedenklich), die Verwendung von Silur im Sinne von Ordovicium, die Auffassung des Namens Algonk usw. Alle diese Änderungen mögen einzelne Vorteile haben, die aber den Nachteil der erschwerten Verständigung nicht aufwiegen.

Als eine Forderung der Zweckmässigkeit, nicht als irgend einen theoretisch tief begründeten Satz, betrachte ich auch die Regel, dass die chronologischen Einheiten an rein marinen Profilen definiert werden sollen (aus der sich übrigens eine weitere Einschränkung des Grundsatzes der Priorität ergibt). Es ist in diesem Kreis gewiss nicht notwendig, den Leitwert der Landpflanzen zu verteidigen. Im ganzen sind aber doch durch Meeresorganismen definierte Grenzen leichter über grosse Strecken zu verfolgen. Das gilt sogar innerhalb des Pflanzenreiches. Mei-

nes Wissens gibt es keine permischen Landpflanzen, die ähnlich leicht erkennbar und weltweit verbreitet wären, wie die Meeresalge *Missia velcbitana*. Darüber habe ich ja in Amsterdam gesprochen (PIA, 1936). Da die Grenzziehung künstlich ist, kann man jedoch immerhin trachten, sie in den marinen Profilen so zu legen, dass auch die beiderseits der Grenze gefundenen Landpflanzen merklich verschieden sind - falls unsere Kenntnis über die Parallelisierung der Land- und Meeresablagerungen dazu schon ausreicht. Man muss sich allerdings darüber im klaren sein, dass dieser Vorteil immer nur für bestimmte Florenprovinzen erreichbar sein wird, dass seine Bedeutung daher rasch abnimmt, wenn alle Kontinente gleichmässig berücksichtigt werden - wie das glücklicher Weise jetzt immer mehr der Fall ist.

Ob man die Regel, dass die Stufengrenzen an marinen Profilen zu definieren sind, auch für das Jungtertiär und Quartär beibehalten kann, wird von vielen bezweifelt. Es scheint, dass man hier die Säugetiere nicht entbehren kann. TEILHARD und STIRTON haben neuerdings (1934, S. 287) ziemlich deutlich gezeigt, wie rasch sich die Säugetierfaunen über Asien und Europa ausgebreitet haben. Die Fassung der Abteilungen, die sich aus diesen Untersuchungen als zweckmässig für die Parallelisierung ergibt, scheint mir viel wertvoller, als die aus den Meerestransgressionen abgeleitete. Man rechne ruhig das Aquitan zum Oligozän und das Pont zum Pliozän, wenn das Wiedererkennen wenigstens der grösseren Einheiten dadurch erleichtert wird. Es handelt sich dabei, wie gesagt, um eine Frage der Praxis, nicht der Theorie. Im Jungpaläozoikum scheint mir aber eben die Praxis doch dafür zu sprechen, dass man besser von der marinen Entwicklung ausgeht.

Praktische Überlegungen lassen es auch, wie schon anderwärts auseinandergesetzt, unzweckmässig erscheinen, dass man wichtige Grenzen in dem typischen Profil dorthin verlegt, wo sich der Fossilinhalt der Schichten plötzlich ändert. Denn das deutet entweder auf eine Lücke oder auf einen Fazieswechsel. Ein solcher erschwert es aber sehr, jene Änderungen der Fauna und Flora herauszuschälen, die durch das Alter allein bedingt sind. Gerade diese Überlegungen zeigen meiner Meinung nach besonders deutlich, wie sehr bei der Ausarbeitung der Stufenleiter die Rücksicht auf ihre Brauchbarkeit über den

Schein ihrer natürlichen Begründung überwiegen muss (vergl. PIA, 1930 a, S. 99; auch 1925 b, S. 333; 1926, S. 193).

Für durchaus berechtigt halte ich ferner die praktischen Einwendungen, die DAS GUPTA (1931, S. 69) gegen eine übermässige Berücksichtigung der tektonischen Ereignisse in der geologischen Chronologie macht. Diese Fragen der Zweckmässigkeit, nicht irgend welche Prinzipien, lassen es im allgemeinen geraten erscheinen, die stufenscheidenden Ereignisse der Paläontologie zu entnehmen.

Unpraktisch ist es, mit BUCKMAN und LANGE (1931, S. 352) die Stufen nach Gattungen zu benennen, weil die stratigraphische Nomenklatur dadurch unnötiger Weise mit der Unbeständigkeit der biologischen belastet wird (vergl. SEITZ, 1931, S. 96).

Verweilen wir noch einen Augenblick bei der Frage, ob die Abschaffung des Perms zweckmässig ist. Wie schon oft, so sind auch in den letzten Jahren wieder viele Vorschläge in dieser Hinsicht gemacht worden. Ich nenne ausser KEYES (1930 c, S. 353-54) besonders WHEELER (1934, S. 70), der die Ausdrücke „karbonisch“ und „permisch“ wenigstens bei Angaben des Alters eines Gesteines deshalb ganz vermeiden möchte, weil sie eine zu schwankende Bedeutung haben. SHERLOCK schlägt (1930, S. 181) eine Aufteilung des Perms zwischen Karbon und Trias vor, die gerade Paläobotanikern recht einleuchtend erscheinen muss.

Richtig betrachtet ist die Frage aber doch nur: Bringt die Beibehaltung des Perms als eigener Verband so wesentliche Nachteile mit sich, dass die sicher zu erwartenden grossen Nachteile seiner Abschaffung mehr als aufgewogen werden? Denn offenbar würde durch eine Vereinigung des Perms mit einer oder zwei anderen Perioden deren Umfang zunächst für längere Zeit schwankend und die Benützung des älteren Schrifttumes würde für die nächsten Geschlechter weiter erschwert. Das wären sehr grosse Nachteile, wogegen für die Abschaffung eigentlich nur Irrtümer - die Meinung, dass die anderen Verbände natürlich begrenzt sind - sprechen, oder ein blosser Schönheitsfehler - der geringe Umfang des Perms. Ich möchte deshalb entschieden raten, das Perm als besonderen Verband beizubehalten.

Sein Umfang muss jedenfalls, wenn wir verständlich bleiben

wollen, so gewählt werden, dass Rotliegendes und Zechstein zum Perm gehören. VERSEY's schon erwähnter Vorschlag, den Namen Perm auf das obere Perm zu beschränken, hat dieselben Nachteile, wie die Abschaffung des Perms, und vermehrt ausserdem den „Schönheitsfehler“ noch. Viel eher käme eine Erweiterung des Perms gegen unten in betracht, die ja in jüngster Zeit wieder sehr eifrige Verfechter gefunden hat (SCHUCHERT, 1935, S. 3; HERITSCH, 1934, S. 188). Wie aus meinen Ausführungen wohl mehr als zur genüge klar geworden ist, kann man nicht in sinnvoller Weise fragen, ob das Ural zum Karbon oder zum Perm „gehört“. Wohl aber dürfte die gegenwärtige Versammlung so viel Ansehen geniessen, dass die von ihr beschlossene Zurechnung sich verhältnismässig rasch allgemein durchsetzt, wenn sie - ganz im Sinn von NEAVERSON's Vorschlag (1930, S. 186) - eine Entscheidung trifft. Ich fühle mich allerdings nicht berufen, in dieser Frage einen Antrag zu stellen, sondern möchte einen solchen nur dadurch vorbereiten, dass ich einige berücksichtigungswerte Gesichtspunkte hervorhebe. In den Lehrbüchern wird das Ural recht allgemein zum Karbon gestellt. Man wird also gewiss leicht missverstanden werden, wenn man es als unteres Perm bezeichnet. Ich kann mich des Verdachtes nicht ganz erwehren, dass die Einigung über das Alter der permischen Eiszeit durch den Gebrauch des Wortes „mittleres Perm“ in zwei ganz verschiedenen Bedeutungen nicht gerade erleichtert wird. Die faunistischen Beziehungen zwischen Uralium und Artinskium, die SCHUCHERT und HERITSCH hervorheben, sind für die Grenzziehung bedeutungslos. Unwesentlich ist der Vorteil, dass das Perm durch die neue Abgrenzung etwas grösser würde. Wichtiger ist FREBOLD's Hinweis (1932, S. 28), dass durch die Zurechnung des uralischen Schwagerinenkalkes zum Perm die Grenze in manchen anderen Gebieten bequemer zu ziehen ist. Als einen Vorteil würde ich es auch ansehen, dass wir in der Ottweiler Flora nach der neuen Abgrenzung eine reiche Sammlung unterpermischer Pflanzen verfügbar hätten. Das würde die Entscheidung der Frage, ob irgend ein pflanzenführendes Gestein in einem anderen Gebiet karbonisch oder permisch ist, sicher erleichtern. Ob diese Vorteile so gross sind, dass sie die Gefahr vielfacher Missverständnisse aufwiegen? Ich bin nicht überzeugt davon. Jedenfalls dürfte es aber nicht zweckmässig sein,

die Grenze, wie HERITSCH (Tabelle I) es andeutet, so weit herabzurücken, dass auch ein Teil des Westfals permisch wird.

Was die Obergrenze des Perms, genauer gesagt die Untergrenze der Trias, die ja allein definiert werden muss, betrifft, so meinte ich früher, dass die indischen Profile am geeignetsten wären, sie zu bestimmen. Neuere Arbeiten nehmen aber durchwegs zwischen Perm und Trias eine Lücke an (GRABAU, 1931, S. 424; SCHUCHERT, 1935, S. 20). Es wird also doch nichts übrig bleiben, als den Beginn der Trias in Südtirol zu definieren, wo die Meeresbedeckung nach meinen vieljährigen Beobachtungen nicht unterbrochen war. Die Mächtigkeit der Schichten zwischen den obersten sicher noch zum Perm zu rechnenden Bänken mit *Gymnocodium bellerophontis* und den tiefsten Lagen mit *Pseudomonotis clarai*, die wir unbedingt schon als Trias anzusehen haben, ist so gering, dass sie bei der Korrelation auf grössere Entfernungen keine Rolle spielt. Unangenehm ist freilich, dass die Fauna der Werfener Schichten aus faziellen Gründen sehr ärmlich ist. Ich sehe aber vorläufig keinen Weg, um diesen Nachteil zu vermeiden. Das germanische Gebiet ist offenbar ungeeignet, die Grenze zwischen Perm und Trias festzulegen, da von ihm aus wegen der eigenartigen Fazies und des Fossilmangels in den tiefsten Triasschichten keine Vergleiche mit entfernten Schichtfolgen gezogen werden können. Es wurde schon wiederholt bemerkt, dass der unterste deutsche Buntsandstein möglicher Weise gleich alt mit den *Bellerophon*-Kalken der Alpen ist (PIA, 1930 a, S. 132; VERSEY, 1930, S. 185). Er muss dann als permisch bezeichnet werden. Es würde damit übrigens nur eine ganz alte Auffassung MURCHISON's (1844) wiederhergestellt.

5. DIE EINHEITEN DER GEOLOGISCHEN ZEITRECHNUNG SIND VON DEN PALÄONTOLOGISCHEN ZONEN EBENSO WIE VON DEN LITHOLOGISCHEN SCHICHTGLIEDERN WESENTLICH VERSCHIEDEN.

Man findet vielfach die Vorstellung, dass die Einteilung der Sedimente von unten her aufgebaut wird, dass die Verbände durch Zusammenfassen von Zonen oder auch Stufen entstehen (vergl. KEYES, 1930 c, S. 343; SEITZ, 1931, S. 99; dazu PIA,

1930 a, S. 64). Ich betone noch einmal, dass ich das für verfehlt halte. Die Sprache ist hier wieder einmal, wie nicht selten, weiser als der, der sie gebraucht. „Einteilung“ kommt von teilen, eine Einteilung kann daher immer nur vom Ganzen ausgehen. Auch geschichtlich betrachtet sind die Verbände früher aufgestellt worden, als die Stufen, die ja erst beim Fortschreiten der Kenntnisse notwendig wurden. Richtig ist, dass in den Verbänden bei ihrer Begründung nicht selten ausdrücklich mehrere schon aus dem Bergwerkbetrieb bekannte und benannte Schichtglieder oder Formationen zusammengefasst wurden (ALBERTI, 1834; MURCHISON, 1844). Hier handelt es sich aber eben um zwei verschiedene Einteilungsweisen, wie gleich zu erörtern sein wird.

A. STUFEN UND ZONEN.

Es scheint notwendig, hier eine kurze nomenklatorische Bemerkung vorzuschicken. Besonders in den belgischen Arbeiten (MAILLIEUX et DEMANET, 1929; RENIER, 1930, S. 13, 96, 97, 99) wird das Wort „Zone“ für kleine stratigraphische Einheiten verwendet, die vorwiegend lithologisch gekennzeichnet sind, jedenfalls keine Zonen im paläontologischen Sinn darstellen. Offenbar gehen diese Forscher von der vielfach verfochtenen, von mir allerdings bekämpften Regel aus, dass die Zonen die kleinsten Einheiten des stratigraphischen Systems sind (vergl. PIA, 1930 a, S. 63). Diese Regel war aber gewiss nie so gemeint, dass alle unterscheidbaren kleinsten Einheiten Zonen heissen sollten, sondern vielmehr so, dass eben die Zonen im biostratigraphischen Sinn als kleinste Einheiten verwendet werden sollten. RENIER beruft sich (S. 13) ausdrücklich auf die Beschlüsse des Geologenkongresses von Bologna. Dort heisst es aber (DEWALQUE, 1882, S. 554; DIENER, 1925, S. 216), dass als Zone nur eine Gruppe von Schichten bezeichnet werden darf, die durch eine oder einige Versteinerungen gekennzeichnet ist (und nach einem Fossil benannt wird). Ich möchte alle Fachgenossen bitten, sich zwecks leichter Verständigung an diese Regel zu halten.

Viel eher sind die Gesteinsgruppen, die MAILLIEUX und DEMANET als „assises“ bezeichnen, den Biozonen zu vergleichen.

SEITZ (1931, S. 91) glaubt sich aus Prioritätsgründen dafür

einsetzen zu sollen, dass der Name Biozone - im Gegensatz zu meiner Anwendung - nur für die Lebensdauer einer Art gebraucht werden dürfe. Wie er sich dabei auf BUCKMAN berufen kann, ist mir unerfindlich, denn dieser sagt bei der Einführung des neuen Wortes (1902, S. 556): „Thus we might have the biozone of a species, of a genus, of a family, or of a larger group“. Eher könnte man einwenden, dass die Biozone an dieser Stelle als ein zeitliches, nicht als ein räumliches Gebilde definiert wird. DIENER (1925, S. 230) hat das in der Tat so aufgefasst. Doch scheint es sich bei BUCKMAN nur um eine Nachlässigkeit des Ausdrucks zu handeln, da in der Zusammenfassung der Ergebnisse (S. 557) dann steht: „A biozone is the range of any organism or group of organisms in geological deposits, so it may be said to indicate vertical extension.“ Eine andere Auffassung wäre bei BUCKMAN, einem so entschiedenen Vertreter der Unterscheidung von Zone und Hemere, ja auch unverständlich. Im übrigen gibt es in der Stratigraphie keine selbsttätig wirkenden Nomenklaturregeln, wie in der Biologie. Bei dem sehr schwankenden Gebrauch der stratigraphischen Kategorien nehme ich für mich durchaus das Recht in Anspruch, sie ohne peinliche Prioritätsuntersuchungen so zu definieren, wie die Logik es erfordert. Von einer Verletzung eines allgemeinen Herkommens kann dabei leider auf keinen Fall die Rede sein, weil es ein solches nicht gibt. Da ich die Zonen als räumliche Gebilde ansehe, wäre es höchst verwirrend, die Biozonen als etwas anderes zu erklären.

Die Vermengung des Zonen- und Stufenbegriffes tritt bei den verschiedenen Verfassern in etwas wechselnder Weise in Erscheinung. FRIEDL gebraucht die beiden Ausdrücke in seiner ausgezeichneten Arbeit über die Gliederung des Unterpliozäns des Wiener Beckens (1932, z. B. S. 17) als vollständig gleichbedeutend für Gebilde, die mit richtigen Zonen mindestens grosse Ähnlichkeit haben.

WEDEKIND will, wie in früheren, so auch in neuen Arbeiten (z. B. 1932) die Stufen aus Zonen zusammensetzen. Die Gründe, die mich hindern, ihm zu folgen, findet man in meinem Buch (1930 a, S. 63 ff.). Ob seine meist durch Gattungen gekennzeichneten Stufen des Silurs weltweit gültig sein sollen, ist nicht sicher zu ersehen. Vermutlich nicht. Sie sind also keine echten Stufen.

In ähnlicher Weise fasst CRICKMAY (1933) die Hemeren als die natürlichen, kleinsten, unteilbaren Einheiten der Stratigraphie auf, die annähernd gleich lang seien. Den Begriff der Stufe kennt er, wie die meisten Amerikaner, nicht. Deshalb teilt ja auch beispielsweise RESSER (1933, S. 738-39) die Abteilungen des unteren, mittleren und oberen Kambriums nicht in Stufen, sondern in eine grosse Anzahl von Faunenzonen. Ganz analog verwendet DIX (1934, S. 795-96) unmittelbar die Florenzen zur Gliederung des Produktiven Karbons von South Wales.

Etwas anders ist die Methode BUCKMAN's aufzufassen (vergl. DAVIES, 1930, Tabelle gegenüber S. 226 und S. 236). Er setzt zwar auch die „ages“ aus Hemeren zusammen, unterscheidet aber neben ihnen „stratigraphic terms“ = stages.

SEITZ hat sich auch gegen meine Vorstellung von den Zonen gewendet. Ich möchte zunächst einem möglichen Missverständnis vorbeugen. Wenn man nur seine Darstellung, aber nicht mein Buch liest, könnte man (obwohl es nicht ausdrücklich gesagt wird) glauben, dass ich mich irgend wie ablehnend gegen die Zonenforschung oder gegen die Bedeutung der Phylogenie für die Stratigraphie geäussert hätte. Dies liegt mir natürlich vollkommen fern. Ich habe wohl zur Vorsicht gemahnt, aber immer wieder betont, wie unentbehrlich diese Forschungszweige für die geologische Zeitrechnung sind. Damit ist aber doch noch nicht gesagt, dass phylogenetische Zonenforschung und Geochronologie dasselbe sind.

In meiner Definition der Zone (1930 a, S. 24) hätte ich anstatt „die Summe jener Gesteinskörper“ vielleicht besser „die Gesamtheit“ sagen sollen. Denn, wie man aus einer Bemerkung bei SEITZ (1931, S. 91) sieht, könnte man, wenn man durchaus will, das Wort „Summe“ in Sinne eines Kubikinhaltes verstehen. Der Rest des Einwandes von SEITZ ist dagegen hinfällig. Es war durchaus meine Absicht, die Zone so zu definieren, dass man in jedem einzelnen Aufschluss nur einen sehr kleinen Teil von ihr sehen kann. Wieso das zur Folge hat, dass man das Wort Zone „bei keiner Beschreibung anwenden kann“, verstehe ich nicht. Nichts hindert mich doch, zu sagen, dass diese und diese Schichten in einem Aufschluss zur Zone des *Oxynoticeras oxynotum* gehören, einen Teil dieser Zone bilden. Ja selbst, wenn ich sage, dass in einem Aufschluss die ganze Zone des *Oxynoticeras oxynotum* zu sehen sei, meine ich damit selbst-

verständlich nur ihre ganze senkrechte, nicht auch ihre wagrechte Erstreckung. Ich will damit also sagen, dass die *Oxynticeras oxynotum* führenden Schichten, von den ältesten bis zu den jüngsten, ohne Lücke in dem Aufschluss vertreten sind. Wenn ich von Hamburg nach Kapstadt fahre, kreuze ich die ganze tropische Zone, d.h. natürlich ihre ganze Breite, nicht ihre ganze Fläche, auch so ferne sie im Indischen und Stillen Ozean liegt.

In der Zusammenfassung seiner Ansichten (1931, S. 99) sagt auch SEITZ, dass die Stufengliederung paläontologisch ist. Das kann ich nur in dem Sinn gelten lassen, dass sie tatsächlich grösstenteils auf Grund paläontologischer Befunde durchgeführt wird. In ihrem Wesen liegt das aber nicht. Es handelt sich vielmehr um einen zufälligen, durch praktische Rücksichten bedingten Zusammenhang, der nicht aus den Begriffen der Zone und der Stufe hervorgeht, sondern aus der rein empirischen Tatsache, dass Zonen in der Regel weiterhin horizontal zu verfolgen sind, als andere geologische Zeitmarken. Es wäre ja aber gut denkbar (wenn ich es auch nicht glaube), dass die Faltungsphasen wirklich kurz dauernde, über weite Strecken gleichzeitige Ereignisse sind. Dann könnte man die Stufen auf sie gründen. Man könnte ferner den Beginn des Plistozäns, statt durch paläontologische Merkmale, auch durch den ersten Vorstoss der Gletscher bis an die Meeresküste definieren. Man könnte endlich den Beginn der ladinischen Stufe, statt durch das erste Auftreten der *Diplopora annulata*, auch durch das erste Auftreten grüner Tuffe in den Südalpen kennzeichnen (vergl. HUMMEL, 1932, S. 433 ff.). Alles das wäre nicht unlogisch, es wäre nur wahrscheinlich unpraktisch, weil es den Anschluss entfernter Gegenden an das typische Gebiet erschweren würde. Auch die folgende Überlegung beweist die begriffliche Verschiedenheit der paläontologischen von den chronologischen Einheiten: Nehmen wir an, *Diplopora annulata* würde irgend wo in Südasien in einer Vergesellschaftung gefunden, die beweist, dass sie hier in Gesteinen vom Alter der alpinen *Trinodosus*-Schichten liegt. Dann würde dadurch die Zone der *Diplopora annulata* erweitert. Die Grenze zwischen Anis und Ladin würde sich aber nicht ändern, zumal es sich um ein Vorkommen ausserhalb des typischen Gebietes handelt. Es würde durch den neuen Fund nicht gezeigt, dass die Bulogkalke ladinisch sind,

sondern dass *Diplopora annulata* schon im Anis auftritt. Viel grössere Schwierigkeiten entstehen, wenn ein ähnlicher unerwarteter Fund im typischen Gebiet selbst gemacht wird. Das habe ich schon früher (1930 a, S. 85) kurz beleuchtet. Hier handelt es sich aber wohl um eine Gefahr, die wegen der Fehlbarkeit aller menschlicher Erkenntnisse niemals vollständig vermieden werden kann.

B. STUFEN UND SCHICHTGLIEDER.

Vieles, was hier zu sagen wäre, wurde schon in früheren Teilen meines Vortrages erwähnt. Ich erinnere an den schwankenden Gebrauch der Namen in der deutschen Trias. Das Wort Formation vermeide ich besonders deshalb, weil es nur im Deutschen eine chronologische Einheit bedeutet, im Englischen aber eine Gruppe von Schichtgliedern. Nur kurz möchte ich auch auf die vortrefflichen Ausführungen von ASHLEY, CHENEY etc. (1933, S. 430 ff.) über „sedimentary rock units“ hinweisen, mit denen ich grossenteils übereinstimme.

Die Vermengung der Stufen und Schichtglieder stammt wohl noch aus der Zeit, als man bei der Altersbestimmung der Gesteine vorwiegend lithologische Merkmale benützte. Nur sehr allmählich setzt sich eine scharfe Trennung durch. Der Geologenkongress in Bologna, dessen Beschlüsse sonst so brauchbar sind, hat in diesem Punkt versagt. Denn die kleinsten stratigraphischen Einheiten, die er anerkennt (DEWALQUE, 1882, S. 553), sind offenbar lithologischer Art, sie werden aber zu Stufen, nicht zu Schichtgliedern und Formationen (im englischen Sinn) zusammengefasst.

Im Laufe von mehr als 50 Jahren ist in dieser Hinsicht nicht viel mehr Klarheit erreicht worden. KEYES (1930 c, S. 345) bekämpft das Wort „Pennsylvanian“, das nicht besser sein soll, als das ältere „Coal Measures“. Man wird eine rein marine, kalkige Entwicklung des Oberkarbons jedoch wohl zum Pennsylvanian, nicht aber zu den Coal Measures stellen können.

Besonders bezeichnend sind jene Stellen im Schrifttum, in denen ein seitlicher Übergang einer chronologischen Einheit in die andere behauptet wird. So spricht SHERLOCK (1930, S. 181) von einer seitlichen Vertretung des oberen Perms durch Trias, FREBOLD (1932, Fig. 4, allerdings mit Anführungszei-

chen) von einer solchen zwischen Karbon und Perm. Offenbar handelt es sich um seitliche Übergänge zwischen zwei Schichtgliedern, die zu Unrecht einem einzigen Verband zugewiesen wurden. Grundsätzlich sind solche Angaben noch nicht über HUXLEY's Vorstellung hinausgekommen, dass silurische, devonische und karbonische Lebewesen gleichzeitig in verschiedenen Teilen der Erde gelebt haben können (PIA, 1930 a, S. 123; DAVIES, 1930, S. 222). Selbst RENIER (1930, S. 17-18) rechnet mit der Möglichkeit, dass die Grenze zwischen Unter- und Oberkarbon nicht immer im selben Horizont liegt. Die „assises“, in die er das Oberkarbon weiterhin teilt, sind offenbar nur lithologisch definierte Schichtglieder. Sie werden aber den Stufen ohne Einschränkung gleichgesetzt (z. B. S. 21: assise d'Andenne = étage Namurien).

Merkwürdiger Weise wird das Wort Stufe (stage) in manchen Ländern viel zu reichlich, in anderen so gut wie gar nicht verwendet. In Amerika kennt man es bisher fast nur bei der Gliederung des Plistozäns (ASHLEY, CHENEY etc., 1933, S. 429 und 446). In Indien dagegen nennt man auch stratigraphische Einheiten von ganz örtlicher Bedeutung gerne „stages“ (vergl. etwa WADIA, 1919, S. 186). Besonders bezeichnend sind die Fälle, in denen die Glieder einer einzigen Aufzählung teils als Stufen, teils mit Gesteinsnamen angeführt werden (z. B. WADIA, 1919, S. 212 B; TEICHERT, 1930, S. 183).

Als ich von der weltweiten Giltigkeit der chronologischen Einheiten sprach (S. 16), habe ich schon erwähnt, dass man in Amerika die Verbände oder Abteilungen sehr häufig nicht in Stufen, sondern nur in lithologisch gekennzeichnete Schichtglieder von örtlich beschränkter Giltigkeit einteilt. Der Vorgang ist ganz ähnlich, wie in LAWSON's Gliederung des Präkambriums (1930, S. 289), in der nur die Haupteinheiten durch trennende Ereignisse, in diesem Falle Gebirgsbildungen, definiert sind. Was LAWSON „series“ nennt, ist aber lithologisch gekennzeichnet. Dem entsprechend teilt ASHLEY (1932 b, S. 482) in seiner „Geologic time scale“ die „series“ in „formations“. Dass diese Schichtglieder sind, geht schon daraus hervor, dass sie manchmal von einer Abteilung in eine andere reichen.

Die Einwände gegen ein solches Verfahren liegen auf der Hand. Zunächst ist nicht einzusehen, warum man die Grenzen

zwischen den grösseren Einheiten leichter von einem Kontinent zum anderen soll verfolgen können, als die zwischen den kleineren - man müsste sich denn in jenem Fall mit einer ganz beiläufigen Gleichzeitigkeit begnügen. Denn dass die Grenzen zwischen den Haupteinheiten nicht etwa wegen deren grösseren inneren Verschiedenheit leichter zu erkennen sind, haben wir wohl schon gesehen. Ferner sind die Perioden und auch die Epochen für die Bedürfnisse der Paläogeographie und Paläontologie viel zu grob. Es wird auch nur ausnahmsweise vorkommen, dass die Grenzen zweier Schichtglieder genau mit denen zwischen zwei Abteilungen zusammenfallen, so dass sich die Abteilungen gar nicht ohne Rest in Schichtglieder teilen lassen. AHSLEY, CHENEY etc. geben das zu (1933, S. 447), knüpfen daran aber den erstaunlichen Vorschlag, man solle das trotzdem in den Legenden lieber nicht so darstellen, sondern die Schichtglieder - wenn auch unter Betonung des Zweifels - nur zu einer Abteilung ziehen. Das ist also geradezu eine Aufforderung, etwas zu schreiben, was man nicht für richtig hält. Dabei muss man sich immer vor Augen halten, dass es sich um die überwiegende Mehrzahl der Fälle handeln wird, denn es ist ja in keiner Weise einzusehen, warum sich die Gesteinsbeschaffenheit gerade an der Grenze zweier chronologischer Einheiten eher ändern soll, als an irgend einer anderen Stelle, falls nicht eine grössere Schichtlücke vorhanden ist. Auch innerhalb einer Abteilung werden die Schichtglieder einander leicht übergreifen oder Lücken zwischen einander lassen. Bei RESSER's Einteilung des Mittelkambriums (1933, S. 750-51) wird das beispielsweise sehr deutlich. Schliesslich ist die Zahl der in verschiedenen Gegenden gebräuchlichen Schichtgliednamen für ungefähr gleiche Gesteine überaus gross, was die Verständigung über die genaue Altersstellung von Fossilien ungemein erschwert. Das ältere Paläozoikum Nordamerikas ist ein berüchtigtes Beispiel dafür - wohl infolge des Nebeneinanderwirkens so vieler einzelner Landesaufnahmen (vergl. etwa CHADWICK, 1935). Übrigens ist es in der alpinen Trias nicht viel besser. Auch hier werden Namen nebeneinander weitergeschleppt, deren Herausbildung für äusserst ähnliche und gleich alte Gesteine nur geschichtlich verstanden werden kann; z. B. Wettersteinkalk, Marmolatakalk, Latemarkalk und Esinokalk. Andererseits werden unter dem Namen Raibler Schichten faziell

sehr stark verschiedene Gebilde zusammengefasst. Wegen der erwähnten Schwierigkeiten ist für den, der die Gegend und das ältere Schrifttum nicht genau kennt, die eben genannte Arbeit von CHADWICK sehr schwer richtig zu verstehen. Es scheint aber doch, dass die von ihm behandelten Schichtglieder Portage und Chemung faziell nicht gleich sind. Man kann daher wohl nicht sagen „Chemung is Portage“, wie es im Titel heisst. Das wäre, wie wenn man sagen wollte: „*Productus*-Kalk ist New red“ oder „Wengener Schichten sind Esinokalk“. Da ferner der Name Chemung im Laufe der Arbeit für eine grössere Einheit beibehalten wird, der Name Portage aber ganz auf ein kleines, lokales Schichtglied innerhalb dieser Gruppe eingeschränkt wird (vergl. die Tabelle auf S. 352), hätte man mindestens erwartet, dass es heisst „Portage is Chemung“. Die ganze Arbeit - sowohl in dem, was sie bekämpft, als in dem, was sie selbst bringt - ist ein ausgezeichnetes Beispiel dafür, dass man ohne Stufen nicht auskommen kann.

Die Nachteile des bisherigen Verfahrens sind zu offenkundig, als dass nicht auch in Amerika ein Ausweg gesucht würde. Der Vorschlag von ASHLEY, CHENEY etc. (1933, S. 446), von den Namen der Schichtglieder Worte auf „an“ zu bilden und diese in einem zeitlichen Sinn, für die Dauer des Absatzes des Schichtgliedes an der typischen Stelle, zu verwenden, greift das Übel nicht an der Wurzel an. RUEDEMANN (1929, Fig. 2) gebraucht bei seinem Vergleich verschiedener altpaläozoischer Profile schon eine Art Stufen oder Hilfsstufen, die er allerdings nach Schichtgliedern (oder Örtlichkeiten?) benennt. Zur Vereinfachung der Benennung schlägt ASHLEY (1932 a) eine Art ternäre Nomenklatur vor. Es scheint mir, dass derselbe Zweck durch die Stufenamen viel besser erreicht wird. Wann immer man vermutet, dass die Leser die Altersstellung eines Schichtgliedes nicht gegenwärtig haben, kann man den Stufenamen entweder als Eigenschaftswort oder in Klammer hinzufügen. Wo es, wie in allgemeineren, besonders paläontologischen Arbeiten, nur auf das Alter ankommt, genügt der Stufenname allein. Ich möchte nur hoffen, dass WHEELER mit seinem Eintreten für die Verwendung der Stufen auch in Amerika (1934, S. 63, 68, 70) recht grossen Erfolg hat.

6. DIE AUFGABE DER GEOLOGISCHEN CHRONOLOGIE.

Wie ich in der Einleitung meines Vortrages angedeutet habe, zerfällt die Aufgabe der geologischen Zeitmessung in zwei Teile. Die Stufen, Abteilungen und Verbände (die ich alle unter dem Namen der Stufenleiter zusammenfasse) müssen in einem als typisch erklärten Gebiet genau definiert werden. Die zeitliche Stellung aller Gesteine in anderen Gebieten kann dann nur durch den Vergleich mit dem typischen Gebiet - nie unmittelbar aus ihnen selbst, aus ihrem lithologischen oder paläontologischen „Charakter“ oder „Habitus“ als solchem - erschlossen werden. NEAVERSON (1930, S. 186), dessen Grundsätze den meinen offenbar überhaupt recht nahe stehen, hat das für das Perm kurz aber treffend angedeutet. Auch HERITSCH, der ja noch stark von der Vorstellung einer natürlichen Chronologie beeinflusst ist, zeigt doch das Streben, das Profil des Perms der Karnischen Alpen mit dem als typisch angesehenen russischen zu vergleichen und so einzureihen (1934, S. 187-88).

A. DIE FESTLEGUNG DER STUFENLEITER IM TYPISCHEN GEBIET.

Diesen Vorgang finden wir unter anderen bei LAWSON erörtert (1930, S. 284). Er spricht ganz in meinem Sinn von einem Standardprofil, meint aber, dass diese ursprüngliche Gliederung durch Beobachtungen in anderen Gegenden zu einer idealen Skala erweitert wird. Das hängt offenbar damit zusammen, dass er mehr an Schichtglieder als an Stufen denkt. Ich würde einen solchen Vorgang aber für sehr gefährlich halten. Es könnte zu leicht geschehen, dass man sich über die zeitliche Aufeinanderfolge der für die Gliederung verwendeten, in verschiedenen Gegenden festgestellten Ereignisse täuscht. Das typische Gebiet muss eben so gewählt werden, dass seine Schichtfolge keine wesentlichen Lücken aufweist. Dann aber müssen alle stufenscheidenden Ereignisse (PIA, 1930 a, S. 81-83) innerhalb desselben, möglichst engen Bezirkes festgelegt werden.

Aus diesen letzten Bemerkungen geht schon hervor, dass das typische Gebiet eines Verbandes nicht nach den Gesichtspunk-

ten der Priorität bestimmt werden kann. Es handelt sich hier nicht um einen Typus der Nomenklatur im Sinne der biologischen Systematik. Wie RESSER (1933, S. 737) betont, darf man nicht erwarten, dass das Gebiet, in dem eine Serie zuerst entdeckt oder benannt wurde, das geeignetste als Typus sei. Sein Vorschlag, als Typus des Kambriums die Entwicklung in den Vereinigten Staaten, nicht die in England zu betrachten, ist durchaus vernünftig. Für das Unterkambrium wählt er (S. 745) die Appalachen, betont aber, dass sich die Cordilleren vielleicht später als noch geeigneter erweisen werden. Bei Besprechung des Oberkambriums (S. 751) wird ganz zutreffend auch die bessere Kenntnis unter den Merkmalen berücksichtigt, die eine Gegend zum typischen Gebiet geeignet machen. Ob KOBAYASHI (1934) Ostasien zum Typus des Altpaläozoikums machen will, ist mir nicht ganz klar geworden. Die noch ungenügende Kenntnis und die schwere Erreichbarkeit für die meisten Geologen (PIA, 1930 a, S. 83) scheint mir derzeit noch sehr gegen einen solchen Vorschlag zu sprechen.

Sehr allgemein wird verlangt, dass die typische Region eine meerische Entwicklung des betreffenden Verbandes aufweisen muss. Dass es sich hier nur um eine Frage der Zweckmässigkeit handelt, habe ich schon erwähnt (S. 21). Wenn SHERLOCK (1930, S. 181) meint, dass der Typus des Perms kontinental sei, lässt er sich offenbar zu sehr von historischen Gesichtspunkten leiten. Ich möchte mich wieder NEAVERSON anschliessen, der verlangt, dass auch das Perm mittels mariner Invertebraten definiert werden muss (1930, S. 185). Damit ist gar nichts gegen den Satz von GOTHAN gesagt (1931, S. 308), dass eine vergleichende Stratigraphie des Karbons und Perms ohne Berücksichtigung der Landflora nicht möglich ist. Es wäre ungereimt, zu glauben, dass man sich in der Stratigraphie auf die Berücksichtigung jener Fossilien beschränken kann, die bei der Definition der Stufen verwendet wurden.

Damit sind wir bei der Frage des typischen Gebietes für das Perm angelangt und wollen bei ihr noch etwas verweilen. Dass der historische Typus dieses Verbandes im östlichen europäischen Russland liegt, geht aus MURCHISON's Worten bei der Aufstellung (1841, S. 419) unzweifelhaft hervor. Dem gemäss spricht auch SCHUCHERT (1935) immer wieder von „the type Permian of Russia, the standard Permian of the Urals“ und

ähnlich (S. 10, 35). Offenbar ist die Permentwicklung im östlichen Russland ja auch wirklich sehr fossilreich und interessant. Gegen ihre Verwendung als Typus lassen sich aber doch eine Reihe von Einwänden machen. Zunächst betont KEYES (1930 d, S. 213), dass sie immer noch verhältnismässig schwer zugänglich und im Vergleich zu Westeuropa wenig gut bekannt ist. Viel wichtiger erscheint der Umstand, dass unter dem Uralium eine grosse Lücke vorhanden sein soll (SCHUCHERT, 1935, S. 19). Da auch kein Übergang in die Trias besteht, kann man also in Russland weder die Ober- noch die Untergrenze des Perms befriedigend definieren, falls man mit SCHUCHERT das Uralium noch zum Perm rechnet. Das ist zugleich ein Beispiel dafür, dass man die typische Region nicht ohne Rücksicht auf die Abgrenzung wählen kann, die man dem untersuchten Verband geben will.

KEYES (1930 d, S. 217 und 218) vertritt die ziemlich vereinzelte Meinung, dass der Ausgangspunkt für die Beurteilung des Perms die Profile in Thüringen sein sollten. Meiner Ansicht nach wäre dieser Vorgang wegen der eigenartigen, binnenländischen Entwicklung des deutschen Perms allzu unpraktisch.

Neben Russland sind bisher am meisten die südlichen Vereinigten Staaten (Texas und einige benachbarte Staaten) als typisches Gebiet für das Perm in Betracht gezogen worden. SCHUCHERT (1935, S. 10, 38, 42) führt ganz treffend die Vorteile an, die diese Länder für die Stratigraphie des Perms bieten: Sehr vollständige meerische Schichtfolge, die aber innig mit Landpflanzen und Wirbeltiere führenden Absätzen verbunden ist, gute Aufschlüsse, geringe Störungen. Zwischen Pennsylvanian und Perm besteht ein ganz allmählicher Übergang (S. 44), so dass die Grenze durch eine Kommission festgesetzt werden müsste (was ja nur gut wäre). Die Frage dieser Grenzziehung erörtert SCHUCHERT (S. 42-45) rein auf Grund der örtlichen Verhältnisse, ohne Beziehung auf Russland. Das scheint, wenn man einem so ausgezeichneten Stratigraphen nicht einen groben Denkfehler zumuten will, dafür zu sprechen, dass er die Vereinigten Staaten als das typische Gebiet ansieht. Dem widersprechen aber seine oben angeführten Worte über das russische Perm. Seine wahre Absicht scheint zu sein, das amerikanische Perm als „a second standard“ zu verwenden (S. 36), aber nicht etwa im Sinn der oben besprochenen Hilfs-

stufen, die in diesem Fall unnötig wären, sondern als einen zweiten Typus für weltweite Vergleiche. Ein solcher Vorgang kann meiner Meinung nach zu nichts anderem als zu ständigen Verwirrungen führen. Er entspringt offenbar einer unangebrachten Überschätzung der Priorität. Diese würde ich für gar kein Hindernis halten, falls es zweckmässig scheint, das amerikanische Perm zum Typus zu erheben. Die Obergrenze des Perms und der Übergang in die Trias ist allerdings auch in den Vereinigten Staaten offenbar nirgends durch marine Schichten vertreten (S. 36-39). SHERLOCK (1930, S. 181) behauptet sogar, dass das ganze obere Perm (die Vertretung des Zechsteins) nach übereinstimmender Ansicht in Nordamerika fehle. Ich kenne wohl das Schrifttum zu wenig, um zu erfassen, worauf er anspielt. Nach der Darstellung SCHUCHERT's (S. 39) könnte nur ein kleines, alleroberstes Stück des Perms fehlen. Aber auch das ist ein wesentlicher Nachteil.

Er würde nur vermieden, wenn man sich entschlösse, das Perm der Karnischen Alpen zum Typus des Verbandes zu erklären. Sein oberstes Schichtglied setzt sich in der unzweideutigsten Weise in die Südtiroler Dolomiten fort, die allgemein als das typische Gebiet der Trias anerkannt sind. Die Fauna dieses obersten Teiles, des *Bellerophon*-Kalkes, ist jetzt so weit erforscht, dass über ihre Beziehungen zu den asiatischen *Productus*-Kalken kaum mehr eine Unklarheit besteht (MERLA, 1930; SIMIĆ, 1933). Die tieferen Teile lassen sich faunistisch sehr gut mit Russland und Nordamerika vergleichen (HERITSCH, 1934). Das Oberkarbon unterlagert das Perm in sehr ähnlicher Fazies. An Grösse der Aufschlüsse und Ungestörtheit der Lagerung können sich die Karnischen Alpen mit Texas allerdings nicht messen. Auch kennt man aus den unterpermischen(?) Rattendorfer Schichten bis jetzt keine Cephalopoden. Dafür sind die Karnischen Alpen aber im Mittel für alle Geologen so leicht und bequem erreichbar, wie das bei einem einzelnen Gebiet nur irgend möglich ist. Ein abschliessendes Urteil wird man sich ja wohl erst nach dem Erscheinen der grossen Monographie von HERITSCH über die Karnischen Alpen bilden können. Leider stehen diesem sehr bedeutende wirtschaftliche Schwierigkeiten entgegen. Ich glaube nicht zu viel zu sagen, wenn ich behaupte, dass deren Überwindung geradezu das

wichtigste Erfordernis für den weiteren Fortschritt in der ganzen Frage des Perms ist. ¹⁾)

Die fossilreichste Permentwicklung der Erde, die von Timor, kommt wegen der starken tektonischen Störungen und des Fehlens zusammenhängender Profile als Typus wohl keinesfalls in Betracht (vergl. BROUWER, 1931; WANNER, 1926 und 1931).

Auf jeden Fall denke ich nicht etwa an weitgehende Änderungen der Nomenklatur. Meiner Meinung nach kann man die Stufennamen Uralium, Artinskium, Saxon - oder wie man sonst sagen will - ohne weiteres beibehalten, auch wenn man sie in Amerika oder in den Südalpen definiert. Führen doch auch die meisten Triasstufen Namen, die nicht aus dem typischen Gebiet genommen sind.

B. DER VERGLEICH ANDERER GEBIETE MIT DEM TYPISCHEN.

Darüber habe ich nur mehr sehr wenig zu sagen, da das meiste schon im Verlauf dieser Ausführungen und meines Amsterdamer Vortrages (PIA, 1936) erwähnt wurde.

Ich erinnere daran, dass für die Korrelation der Schichten alle irgend erreichbaren Beobachtungen verwendet werden sollten (S. 3 und 15), nicht nur die paläontologischen, wenn ich auch HAARMANN's Einwände gegen deren Verlässlichkeit (1933, S. 54 und 84) für sehr übertrieben halte. „It seems safer not to rely on paleontologic correlations alone, disregarding other types of evidence, but to use all types of evidence that are available“ (BAILEY, 1935, S. 502; vergl. auch DIX, 1934, S. 790 und 835). Dass dabei auch den Landpflanzen die gebührende Beachtung geschenkt werden muss, versteht sich nach allem Gesagten wohl schon von selbst. RENIER gibt eine lehrreiche allgemeine Erörterung der verschiedenen chronologischen Methoden (1930).

Die Ableitung des Alters einer Fauna aus ihrer Entwicklungshöhe (TEILHARD and STIRTON, 1934, S. 278; SCHUCHERT, 1935, S. 17 und 22) wird wohl immer als ein bedenkliches Hilfsmittel erscheinen, wenn man berücksichtigt, wie verschiedenen hoch entwickelte Organismen heute gleichzeitig leben (so auch SPATH, 1934, S. 22). Gerade auf die Umformung der Gliedmassen und des Gebisses der Säugetiere hat ja der Aufent-

¹⁾ Das Buch ist inzwischen erschienen. Vergl. S. 46.

haltsort den allergrössten Einfluss. Es scheint mir immer noch durch nichts erwiesen, dass diese Veränderungen nach inneren Antrieben in verschiedenen Stämmen gleichmässig weitergehen.

Einen geringen Wert lege ich auch den tektonischen Bewegungen und den mit ihnen zusammenhängenden Transgressionen und Regressionen bei. Ihre Gleichzeitigkeit in entfernteren Gebieten ist gewiss noch zweifelhafter, als die des Auftretens einer fossilen Art. Dazu kommt aber, dass man sie nicht, wie die Fossilien, identifizieren kann. Bei Mangel an anderen Anhaltspunkten kann man also gar nicht wissen, um welche Faltingsphase oder Transgression es sich handelt. Man wird solche Erscheinungen, ebenso wie Vulkanausbrüche und Gletschervorstösse, also doch vorwiegend nur zum Altersvergleich über kleinere Strecken verwenden können. Bei der Parallelisierung über weite Gebiete ist man praktisch hauptsächlich auf die Fossilien angewiesen (vergl. BUBNOFF, 1931, S. 635) und wird die Bedenken, die ihrer Verwendung entgegenstehen, am ehesten überwinden, wenn man möglichst viele verschiedene Arten, ihre Aufeinanderfolge in beiden verglichenen Gebieten, ihre Wanderwege und ihre phylogenetischen Beziehungen berücksichtigt.

Die von JONGMANS in seinem Beitrag zu diesem Band dargelegten Fehlerquellen wird man sich gewiss vor Augen halten müssen. Ich glaube aber doch, dass sie bei den Landpflanzen eine grössere Bedeutung haben, als bei den Meerestieren. Diese hatten ja, wie JONGMANS selbst hervorhebt, während des grössten Teiles der geologischen Vorzeit einen freien Hauptverbreitungsweg in der warmen Zone rings um die Erde, von dem aus verhältnismässig kurze Querwege zu den weiter im N und S gelegenen Meeresbecken abzweigten. Auch dürfte es im allgemeinen leichter sein, die wichtigeren meerischen Fossilien sicher der Art nach zu bestimmen, als viele Landpflanzen. Bei diesen ist deshalb die Versuchung besonders gross, sich von dem allgemeinen Charakter der Fossilgesellschaft leiten zu lassen, was immer gefährlich ist. Es wird deshalb immer sehr erwünscht sein, wenn man das Alter einer neuen stratigraphisch wichtigen Flora durch ihr Verhältnis zu meerischen Schichten nachprüfen kann.

Von grossem chronologischem Wert könnten einmal die Klimaschwankungen werden, bis wir ihr zeitliches Verhalten in verschiedenen Teilen der Erde besser überblicken.

SCHLUSSBEMERKUNGEN.

Gestatten Sie, dass ich zum Schluss die Vorschläge und Anregungen kurz zusammenfasse, die sich mir für die Behandlung des Perms aus meinen Ausführungen zu ergeben scheinen.

Das Perm ist - trotz seiner zugestandener Massen geringen Länge - als eigene Periode beizubehalten. Es erleichtert die Verständigung und vermeidet Verwirrung. Es entspricht aber auch dem reichen Inhalt des Begriffes Perm. Ich selbst bin ja in erster Linie Triasforscher: ich anerkenne auch, dass alle solchen Werturteile sehr subjektiv sind. Es scheint mir aber fast, dass man das kleine Perm als die interessanteste Periode der Erdgeschichte bezeichnen könnte. Man denke nur an die Umwandlung der Landpflanzen zwischen unterem und oberem Perm, an das erste Aufblühen der Reptilien mit den vielen phylogenetischen und morphologischen Fragen, die sich an diese Formen knüpfen; an die Entfaltung der Ammoniten, an die merkwürdigen, hoch spezialisierten Brachiopoden, an die Riffe im deutschen und nordamerikanischen Perm. Auch die Kalkalgen sind reich entwickelt. Es liegt viel Material davon bei mir, teilweise von sonst fossil ganz unbekanntem Familien. (Vergl. meinen zweiten Beitrag zu diesem Band). Ich erinnere ferner an die variscische Gebirgsbildung, die zum Teil in das Perm fällt. Die permische Eiszeit ist sicher eines der grossartigsten und beziehungsreichsten geologischen Probleme überhaupt, das mit allen Fragen von der Astronomie und Geophysik bis zur Deszendenztheorie in Zusammenhang steht. Wir wollen aber auch die grossen Salzlagerstätten und die immer noch rätselhaften weitverbreiteten Konkretionen in den Kalken nicht vergessen, die dem Mineralogen so viel Forschungsmaterial bieten. Es ist wohl nicht unangebracht, einem Begriff von so reichem Inhalt einen etwas höheren Rang zu geben, als seinen Umfang entspricht.

Die Gliederung des Perms in Stufen ist zunächst an einer marinen Ausbildung durchzuführen, u. zw. entweder in den südlichen Vereinigten Staaten oder in den Südalpen. Gegen die Verwendung von Hilfsstufen für die terrestrische Entwicklung möchte ich mich nicht aussprechen, ich hoffe aber im Stillen, dass man von ihr absehen wird.

Die Untergrenze des Perms ist jedenfalls so zu ziehen, dass

das Westfal zur Gänze in das Karbon kommt. Wahrscheinlich wäre es zwecks klagloser Verständigung am besten, das ganze Uralium (Stephan) beim Karbon zu belassen, weil das in den meisten Lehrbüchern so gemacht wird, doch möchte ich mir über diesen Punkt kein Urteil anmassen. Es wäre z. B. gewiss zweckmässig, die Karbon-Permigrenze so zu legen, dass sie nicht mitten in einen Eisvorstoss fällt. Für die Anwendung dieser Regel fehlen uns aber wohl noch die Kenntnisse (vergl. SALOMON, 1933). SCHUCHERT glaubt jetzt zwei ganz getrennte Eiszeiten, eine im mittleren Karbon und eine im „mittleren Perm“, annehmen zu sollen (1935, S. 35).

ERWÄHNT E SCHRIFTEN.

- ALBERTI, F. v. 1834. — Beitrag zu einer Monographie des bunten Sandsteins, Muschelkalks und Keupers, und die Verbindung dieser Gebilde zu einer Formation. Stuttgart und Tübingen.
- ASHLEY, G. H. 1932 a. — Stratigraphic nomenclature. — Bull. geol. Soc. Amer., vol. 43, p. 469, Washington.
- ASHLEY, G. H. 1932 b. — Geologic time and the rock record. — Ibid., p. 477.
- ASHLEY, G. H., M. G. CHENEY, and many others. 1933. — Classification and nomenclature of rock units. — Ibid., vol. 44, p. 423.
- BAILEY, Th. L. 1935. — Lateral change of fauna in the Lower Pleistocene. — Ibid., vol. 46, p. 489.
- BRINKMANN, R. 1934. — Beiträge zur Kenntniss der alpinen Oberkreide Nr. 1. Zur Schichtfolge und Lagerung der Gosau in den nördlichen Ostalpen. — Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss., phys.-math. Kl., 1934, XXVII, p. 470, Berlin.
- BROUWER, H. A. 1931. — De stratigraphie van Nederlandsch Oost-Indië. 18. Paleozoic. — Leidsche geol. Meded., vol. 5 (Feestb. K. Martin), p. 552, Leiden.
- BUBNOFF, S. v. 1931. — Über die permische Formation und über geologische Zeitwenden. — Die Naturwiss., vol. 19, p. 634, Berlin.
- BUCKMAN, S. S. 1902. — The term „hemera”. — Geol. Mag., N.S. dec. 4, vol. 9, p. 554, London.
- BUCKMAN, S. S. 1903. — The term „hemera”. — Ibid., vol. 10, p. 95.
- CHADWICK, G. H. 1935. — Chemung is Portage. — Bull. geol. Soc. Amer., vol. 46, p. 343, Washington.
- CRICKMAY, C. H. 1933. — Discussion of paleontological chronology. — Journ. of Geol., vol. 41, p. 288, Chicago.
- CROOKALL, R. 1932. — The relative value of fossil plants in the stratigraphy of the Coal Measures. — Mem. and Proc. Manchester Liter. and Philos. Soc., vol. 76, 1931-32, p. 91, Manchester.
- DAS-GUPTA, H. Ch. 1931. — Major time-divisions since the Pre-Cambrian. — Quart. Journ. geol. Soc. India, vol. 3, p. 61, Calcutta.
- DAVIES, A. M. 1930. — The geological life-work of Sydney Savory Buckman. — Proc. Geol. Assoc., vol. 41, p. 221, London.
- DEWALQUE, G. 1882. — Sur l'unification de la nomenclature géologique. Résumé et conclusions du secrétaire générale de la commission. — Comptes Rend. 2me Congr. géol. internat. Bologne, p. 549, Bologne.
- DIENER, C. 1925. — Grundzüge der Biostratigraphie. Leipzig und Wien.
- DIX, E. 1934. — The sequence of floras in the Upper Carboniferous, with special reference to South Wales. — Transact. Roy. Soc. Edinb., vol. 57, p. 789, Edinburgh.
- FRANK, M. und W. KRANZ. 1932. — Zur Stratigraphie des Gipskeupers bei Untertürkheim und zur Tektonik der „Mineralquellenspalten” zwischen Untertürkheim, Cannstatt und Münster bei Stuttgart. — Neues Jahrb. f. Min. usw., Beil.-Bd. 68 B, p. 199, Stuttgart.

- FREBOLD, H. 1932. — Marines Unterperm in Ostgrönland und die Frage der Grenzziehung zwischen dem pelagischen Oberkarbon und Unterperm. — Meddel. om Grönland, vol 81, num. 4, Köbenhavn.
- FRIEDL, K. 1932. — Über die Gliederung der pannonischen Sedimente des Wiener Beckens. — Mitt. geol. Ges. Wien, vol. 24, 1931, p. 1, Wien.
- GOTHAN, W. 1931. — Der Wert der karbonischen und permischen Flora als Leitfossilien. — Palaeont. Zeitschr., vol. 13, p. 298, Berlin.
- GRABAU, A. W. 1931. — The Permian of Mongolia. A report on the Permian fauna of the Jisu Honguer limestone of Mongolia and its relations to the Permian of other parts of the world. — Natural History of Central Asia, edit. by Ch. A. REEDS, vol 4, New York, Amer. Mus. Nat. Hist.
- HAARMANN, E. 1933. — Die Zeitlichkeit der Erdkrustenbewegungen. — Neues Jahrb. f. Min. usw., Beil.-Bd. 71 B, p. 48, Stuttgart.
- HAHNE, C. 1933. — Gleichzeitigkeit von Sedimentation und Faltung im Aachener Kohlengebiet? — Centralbl. f. Min. usw., 1933 B, p. 314, Stuttgart.
- HERITSCH, F. 1934. — Die Stratigraphie von Oberkarbon und Perm in den Karnischen Alpen. — Mitt. geol. Ges. Wien, vol, 26, 1933, p. 162, Wien.
- HORUSITZKY, F. 1933. — Über eine natürliche Lösung der Grenzfragen der Kreide-Tertiärwende. — Math. und naturw. Anzeiger Ungar. Ak. Wiss., vol. 49, p. 397, Budapest.
- HUMMEL, K. 1932. — Zur Stratigraphie und Faziesentwicklung der süd-alpinen Mitteltrias. — Neues Jahrb. f. Min. usw., Beil.-Bd. 68 B, p. 403, Stuttgart.
- KELLER, G. 1933. — Zur Frage der Gleichzeitigkeit von Sedimentation und Faltung im Ruhroberkarbon. — Centralbl. f. Min. usw., 1933 B, p. 145, Stuttgart.
- KEYES, Ch. 1929. — Span of our American Cambric. — Pan-Amer. Geologist, vol. 52, p. 321, Des Moines.
- KEYES, Ch. 1930a. — What shall we do with Precambrian? — Ibid., vol. 53, p. 111.
- KEYES, Ch. 1930b. — Taxonomic status of Ordovician. — Ibid., p. 201.
- KEYES, Ch. 1930c. — Articulation of structural and time scales in geology. — Ibid., p. 341.
- KEYES, Ch. 1930d. — Taxonomic analysis of Permian term. — Ibid., vol. 54, p. 211.
- KOBAYASHI, T. 1934. — The natural boundary between the Cambrian and Ordovician systems discussed from the Asiatic standpoint. — Report XVI internat. geol. Congr. Washington 1933, vol. 1, p. 485, Washington.
- LANGE, W. 1931. — Die biostratigraphischen Zonen des Lias α und VOLLRATHS petrographische Leithorizonte. — Centralbl. f. Min. usw., 1931 B, p. 349, Stuttgart.
- LAWSON, A. C. 1930. — The classification and correlation of the Pre-Cambrian rocks. — Univ. of Calif. Publ., Bull. Departm. geol. Sciences, vol. 19, num. 11, p. 275, Berkeley.

- LAWSON, A. C. 1934. — The Eparchean peneplain. An exploitation of the doctrine of isostasy. — Bull. geol. Soc. Amer., vol. 45, p. 1059, Washington.
- MAILLIEUX, E. et F. DEMANET, 1929. — L'échelle stratigraphique des terrains primaires de la Belgique. — Bull. Soc. Belge de Géol., vol. 38, 1928, p. 124, Bruxelles.
- MERLA, G. 1930. — La fauna del calcare a Bellerophon della regione Dolomitica. — Mem. Ist. geol. Padova, vol. 9, (num. 2), Padova.
- MURCHISON, R. I. 1841. — Letter to M. FISCHER de WALDHEIM, Ex-President of the Society of Naturalists of Moscow. — Philos. Magaz. and Journ. of Sc., ser. 3, vol. 19, p. 418, London.
- MURCHISON, R. I. 1844. — The „Permian system” as applied to Germany, with collateral observations on similar deposits in other countries etc. — Rep. Brit. Assoc. Adv. Sc., vol. 13, 1843, Notices, p. 52, London.
- NEAVERSON, E. 1930. — s. SMITH etc., 1930.
- PIA, J. 1922. — Einige Ergebnisse neuerer Untersuchungen über die Geschichte der Siphoneae verticillatae. — Zeitschr. f. indukt. Abstammungsl., vol. 30, p. 63, Berlin.
- PIA, J. 1925 a. — Über geologische Karten. — Mitt. geol. Ges. Wien, vol. 17, 1924, p. 47, Wien.
- PIA, J. 1925 b. — Die Diploporen der Trias von Süddalmatien. — Sitzungsber. Ak. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl., Abt. I, vol. 133, 1924, p. 329, Wien.
- PIA, J. 1926. — Die Diploporen der deutschen Trias und die Frage der Gleichsetzung der deutschen und alpinen Triasstufen. — Zeitschr. deutsch. geol. Ges., vol. 78, Monatsber., p. 192, Berlin.
- PIA, J. 1929. — Über Grundbegriffe der Stratigraphie. — Ibid., vol. 81, p. 305.
- PIA, J. 1930 a. — Grundbegriffe der Stratigraphie mit ausführlicher Anwendung auf die europäische Mitteltrias. Leipzig & Wien.
- PIA, J. 1930 b. — Das Wesen der erdgeschichtlichen Zeitrechnung. Zu den neuesten Erörterungen über das Alter der Erde. — Reichspost (Sonntags-Beilage „Die Quelle”), 25. V. 1930, num. 143, p. 17, Wien.
- PIA, J. 1931. — Grundsätzliches zum Vergleiche germanischer und alpiner Trias. — Mitt. geol. Ges. Wien, vol. 23, 1930, p. 160, Wien.
- PIA, J. 1935. — Über die Benennung der Triasstufen. — Centralbl. f. Min. usw., 1935 B, p. 109, Stuttgart.
- PIA, J. 1936. — Algen als Leitfossilien. (Vortrag auf dem 6. internationalen botanischen Kongress, Amsterdam 1935). — Problems of Paleontology, vol. 1, p. 11, Moskau.
- RENIER, A. 1930. — Considérations sur la stratigraphie du terrain houiller de la Belgique. — Mém. Mus. R. d'Hist. Nat. de Belgique, num. 44, p. 1, Bruxelles.
- RESSER, Ch. E. 1933. — Preliminary generalized Cambrian time scale. — Bull. geol. Soc. Amer., vol. 44, p. 735, Washington.

- RUEDEMANN, R. 1929. — Alternating oscillatory movement in the Chazy and Levis troughs of the Appalachian geosyncline. — *Ibid.*, vol. 40, p. 409.
- SALOMON-CALVI, W. 1933. — Die permokarbonischen Eiszeiten. Leipzig.
- SCHMIDT, M. 1928. — Die Lebewelt unserer Trias. Oehringen.
- SCHUCHERT, Ch. 1935. — Correlations of the more important marine Permian sequences. — *Bull. geol. Soc. Amer.*, vol. 46, p. 1, Washington.
- SEITZ, O. 1931. — Über Raum- und Zeitvorstellung in der Stratigraphie und deren Bedeutung für die stratigraphischen Grundprinzipien. — *Sitzungsber. Preuss. geol. Landesanst.*, fasc. 6, p. 87, Berlin.
- SEITZ, O. 1932. — Ergänzende Bemerkungen über stratigraphische Raum- und Zeitbegriffe. — *Jahrb. Preuss. geol. Landesanst. f. 1931*, vol. 52, p. 520, Berlin.
- SHERLOCK, R. L. 1930. — s. SMITH etc. 1930.
- SIMIĆ, V. 1933. — Das Oberperm in Westserbien. — *Mém. serv. géol. Yougoslavie*, vol. 1, Beograd.
- SMITH, B., R. L. SHERLOCK, C. T. TRECHMAN, D. M. S. WATSON, H. C. VERSEY, and E. NEAVERTON, 1930. — Validity of Permian as a system. — *Pan-Amer. Geologist*, vol. 54, p. 179, Des Moines.
- SPATH, L. F. 1931. — On the contemporaneity of certain Ammonite beds in England and France. — *Geol. Mag.*, vol. 68, p. 182, London.
- SPATH, L. F. 1934. — Catalogue of the fossil Cephalopoda in the British Museum (Natural History). Part IV. The Ammonoidea of the Trias. London, *Brit. Mus. Nat. Hist.*
- STACH, E. 1932. — Gleichzeitigkeit von Sedimentation und Faltung. — *Zeitschr. Deutsch. geol. Ges.*, vol. 84, p. 607, Berlin.
- STOLLEY, E. 1934. — Der stratigraphische Wert des Trochitenkalks für die Gliederung des deutschen Oberen Muschelkalks. — *Neues Jahrb. f. Min. usw.*, Beil.-Bd. 72 B, p. 351, Stuttgart.
- TEICHERT, C. 1930. — Biostratigraphie der Poramboniten. Eine entwicklungsgeschichtliche, paläogeographische und vergleichend-geotektonische Studie. — *Ibid.*, vol. 63 B, p. 177.
- TEILHARD DE CHARDIN, P. and R. A. STIRTON, 1934. — A correlation of some Miocene and Pliocene mammalian assemblages in North America and Asia with a discussion of the Mio-Pliocene boundary. — *Univers. of Calif. Publ., Bull. Departm. geol. Sciences*, vol. 23, num. 8, p. 277, Berkeley.
- TRECHMAN, C. T. 1930. — s. SMITH etc., 1930.
- VERSEY, H. C. 1930. — s. SMITH etc., 1930.
- WADIA, D. N. 1919. — *Geology of India for students*. London.
- WALCOTT, Ch. D. 1910. — Abrupt appearance of the Cambrian fauna on the North American continent. — *Smiths. Misc. Coll.*, vol. 57 (Cambrian Geol. & Paleont., vol. 2), num. 1, p. 1, Washington.
- WANNER, J. 1926. — Die marine Permfauna von Timor. — *Geol. Rundschau*, vol. 17 a (STEINMANN-Festschrift), p. 20, Berlin.
- WANNER, J. 1931. — Das Alter der permischen Besleo-Schichten von Timor. — *Centralbl. f. Min. usw.*, 1931 B, p. 539, Stuttgart.

- WATSON, D. M. S. 1930. — s. SMITH etc., 1930.
- WEDEKIND, R. 1932. — Die biostratigraphische Gliederung des Gotlandium von Gotland. — Neues Jahrb. f. Min. usw., Beil.-Bd. 68 B, p. 391, Stuttgart.
- WEDEKIND, R. 1935. — Einführung in die Grundlagen der historischen Geologie. I. Band. Die Ammoniten-, Trilobiten- und Brachiopodenzeit. Ein Lehrbuch für Universitäten, technische Hochschulen und Bergakademien. Stuttgart.
- WETZEL, R. 1932. — „Leitfossil gegen Leithorizont“ und die mittelmürttembergische Psilonotenbank. — Neues Jahrb. f. Min. usw., Beil.-Bd. 67 B, p. 455, Stuttgart.
- WHEELER, H. E. 1934. — The Carboniferous-Permian dilemma. — Journ. of Geol., vol. 42, p. 62, Chicago.
- WOODWARD, H. P. 1930. — Major time-divisions since the Pre-Cambrian. — Ibid., vol. 38, p. 354.

NACHTRAG ZUM SCHRIFTENVERZEICHNIS.

(Wichtige neue, im Text nicht erwähnte Arbeiten).

- BUBNOFF, S. v. 1931. — Grundprobleme der Geologie. Eine Einführung in geologisches Denken. Berlin.
- CHAMBERLIN, R. T. 1935. — Certain aspects of geologic classifications and correlations. — Science, vol. 81, num. 2095, p. 183, New York.
- FREDERICKS, G. 1934. — Uralian and Permian of the Urals. — Bull. geol. Soc. China, vol. 13, p. 505, Peiping.
- FROMAGET, J. 1934. — Note au sujet de la classification du Permien à Fusulinidés. — Bull. Soc. géol. de France, sér. 5, vol. 4, p. 385, Paris.
- GUBLER, J. 1934. — A propos de la classification du Permien à Fusulinidés. — Ibid., p. 443.
- HERITSCH, F. 1936. — Die Karnischen Alpen. Monographie einer Gebirgsgruppe der Ostalpen mit variszischem und alpidischem Bau. Graz, geol. Inst. d. Univers.
- LICHAREW, B. 1934. — The Upper Carboniferous of Fergana and the question of the boundary between the Carboniferous and the Permian. — Bull. geol. Soc. China, vol. 13, p. 155, Peiping.
- PIA, J. 1937. — Stratigraphie und Tektonik der Pragser Dolomiten in Südtirol. Wien, Selbstverl. d. Verf.
- REICHARDT, W. 1936. — Zur Frage der Karbon-Perm-Grenze. — Zeitschr. Deutsch. geol. Ges., vol. 88, p. 583, Berlin.