

**DER GRUNDSATZ DES AKTUALISMUS
IN DER GEOLOGIE**

VON
ERICH KAISER

SONDERABDRUCK AUS DER
ZEITSCHRIFT DER DEUTSCHEN GEOLOGISCHEN GESELLSCHAFT
BAND 83, JAHRGANG 1931, HEFT 6

Der Grundsatz des Aktualismus in der Geologie*).

VON ERICH KAISER in München.

Unter den deutschen Fachgenossen, welche für die Entwicklung der Geologie im letzten Jahrhundert so ganz besondere Bedeutung gehabt haben, wurde einer, namentlich in den letzten Jahrzehnten, nur zu leicht vergessen. Immer wieder wurde die Bedeutung von GOTTLOB ABRAHAM WERNER, ALEXANDER VON HUMBOLDT, LEOPOLD VON BUCH in bezug auf den allgemeineren Überblick, die von KEFERSTEIN, LEHMANN, FÜCHSEL, VON FLURL u. a. für die enger begrenzten Bezirke hervorgehoben, um nur einige zu nennen, welche zu Ende des 18. und zu Beginn des 19. Jahrhunderts die Entwicklung der Geologie in ihrem engeren Heimatlande oder darüber hinaus ganz besonders beeinflussen.

Aber des einen, den ich heute besonders hervorheben möchte, wurde und wird nur zu leicht nicht gedacht. Das ist KARL ERNST ADOLF VON HOFF, an den viele jetzt kaum noch denken. Er war 1771 in Gotha geboren und starb dort 1837. Er studierte in Jena und Göttingen Jurisprudenz und Naturwissenschaften, wurde nach Abschluß seiner juristischen Studien Legationssekretär, dann Hofrat und Geheimer Assistenzrat, ferner Geheimer Konferenzrat und Kurator der Sternwarte auf dem Seeberg bei Gotha, auch Regierungsbevollmächtigter für die Universität Jena, endlich Direktor des Oberkonsistoriums. Sie sagen alle sicher, daß dies die Laufbahn eines juristischen Verwaltungsbeamten jener Zeit gewesen sei. VON HOFF konnte als solcher glücklicherweise eine äußerst fruchtbare literarische Tätigkeit auf mineralogisch-geologischem Gebiete entfalten, sogar ein Magazin für die gesamte Mineralogie, Geognosie und mineralogische Erdbeschreibung herausgeben, das wegen Todes des Verlegers leider bald einging. Er veröffentlichte in vielen Zeitschriften, auch in dem Vorläufer unseres Neuen Jahrbuches, in LEONHARD'S Taschenbuch, viele Einzelschriften (Verzeichnis bei OTTO REICH, 1905). Die meisten der Schriften und Werke, welche dieser hohe Staatsbeamte und Diplomat in geographischer, geognostischer, historischer, statistischer und politischer Richtung veröffentlichte, würden es nicht rechtfertigen, daß wir ihn, mögen auch manche seiner Schriften als Quellenwerke heute noch gelten, als so ganz besonders für die Entwicklung der Geologie bedeutsam hinstellen.

*) Es war beabsichtigt gewesen, die hier entwickelten Gedanken der Hauptversammlung der D. g. G. im August 1930 in Koblenz vorzutragen. Eine Erkrankung verhinderte den Vortrag. Nachdem der Vortrag jetzt in der Monatsversammlung am 4. März 1931 gehalten worden ist, wird der Text absichtlich in der Vortragsform veröffentlicht, was allerdings verlangt, daß einige der vorgetragenen Gedanken und Schlußfolgerungen noch in Einzelveröffentlichungen behandelt werden. Alles hier zu bringen, würde viel zu weit führen.

Es ist ein Werk ganz besonders hervorzuheben. Um jene Zeit herrschte die Katastrophenlehre, besonders gestärkt durch CUVIER, welche ganz gewaltige Naturereignisse zu den Umgestaltungen an der jeweiligen Erdoberfläche heranzog. Aber schon hatten sich mehrfach Stimmen geltend gemacht, namentlich in England, wonach die Umänderungen bei den erdgeschichtlichen Ereignissen alle aus den an der heutigen Erdoberfläche sich abspielenden Vorgängen erklärbar seien. Solche z. B. von HUTTON (1726—1797) und PLAYFAIR (1748—1819) (Angaben nach K. ANDRÉE 1930) geäußerte Anschauungen drangen aber nicht durch.

Die ältere Katastrophenlehre wurde erst ersetzt, als CHARLES LYELL im Jahre 1830 den ersten Band seiner nachher in so vielen Auflagen erschienenen „Principles of Geology“ herausgab. Er wies den Weg, den wir als den des Aktualismus seitdem immer wieder bei der geologischen Forschung verfolgten. Ein Landsmann von LYELL, der für die Entwicklung neuerer Geologie wohl ebenso bedeutungsvolle ARCHIBALD GEIKIE wies 1875 darauf hin, daß LYELL nur den Wegem gefolgt sei, welche der „illustrious von HOFF“ gewiesen habe.

Die rein international eingestellte Geologie konnte in dem letzten Jahre eine Einhundertjahrfeier des Grundsatzes vom Aktualismus veranstalten. Der deutsche Geologe hat aber allen Grund dazu, KARI ERNST ADOLF VON HOFF's ganz besonders zu gedenken, da er, wie nicht nur die angezogene Angabe von GEIKIE besagt, das Prioritätsrecht hat, durch vielfältige, in zum Schluß fünf Bänden zusammengetragene Angaben gezeigt zu haben, wie viele, wenn nicht die meisten der bisher auf Katastrophen zurückgeführten Vorgänge und Erscheinungen der Erdgeschichte durch die an der heutigen Erdoberfläche sich abspielenden Vorgänge zu erklären sind.

VON HOFF faßt seine Lehre in folgendem langatmigen Satz zusammen: „Weder Überlieferungen noch Beobachtung der Natur in ihren Erscheinungen geben Beweise für eine einmal erfolgte oder wiederholte allgemeine Umwandlung (Katastrophierung) der Erdoberfläche und für Zerstörung einer ganzen organischen Schöpfung; sondern überwiegende Gründe erlauben nicht nur, sondern fordern sogar, daß man die Veränderungen, die man auf der Erdoberfläche wahrgenommen hat und noch wahrnimmt, nicht nur als auf einzelne Teile und Gegenden derselben beschränkt betrachten muß, sondern auch daß man sie keinen außerordentlichen Naturwirkungen, welche aufgehört haben, sondern allein der Wirkung derjenigen Kräfte zuschreiben darf, durch die man noch jetzt alle und jede Naturerscheinungen hervorgebracht sieht; und daß die für uns unermeßliche Größe der Zeiträume, in welchen diese Kräfte allmählich und immerfort gewirkt haben, genügt, die Veränderungen durch eben diese Kräfte hervorbringen zu lassen“ (VON HOFF III, S. 252).

Es muß aber noch erwähnt werden, wie K. E. A. VON HOFF zu der Herausgabe seines fünfbändigen Werkes „Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche“ kam, von dem zwei Bände als Supplementbände nach dem Tode VON HOFF's auf Veranlassung von WILHELM PERTHES durch H. K. W. BERGHAUS besorgt wurden. VON HOFF hatte selbst die plötzliche Bildung einer Insel in der Havel bei Pichelsdorf beobachtet, worüber er in der Gesellschaft der Naturforschenden Freunde 1807 berichtete, und welche Beobachtung

ihn veranlaßte, weitere Beobachtungen über natürliche Veränderungen an der Erdoberfläche zu sammeln. In diesem Bestreben ging er nach Göttingen und trug auch dort über seine Auffassung vor. Einige Zeit darauf erschien in den Göttingischen Gelehrten Anzeigen (1818) die Ankündigung einer Preisaufgabe der königlichen Sozietät der Wissenschaften, welche verlangte „Die gründlichste und umfassendste Untersuchung über die Veränderungen der Erdoberfläche, welche in der Geschichte sich nachweisen lassen, und die Anwendung, welche man von ihrer Kunde bei Erforschung der Erdrevolutionen, die außer dem Bereiche der Geschichte liegen, machen kann“. Zweifellos ist BLUMENBACH, der für jene Zeit große Anatom und Paläontologe, der Urheber dieser Preisaufgabe gewesen, deren Ergebnis wir als so überaus fruchtbringend bezeichnen müssen. Es war auch kein Jüngling, der sich an die Behandlung dieser Preisaufgabe heranmachte und durch seine preisgekrönte Arbeit und deren Fortsetzungen ein ganz besonderes Verdienst für die Entwicklung der Geologie erworben hat.

Die Priorität von HOFF's war und wird viel zu wenig beachtet, so daß man leider so oft vom HOFF-LYELL'schen Aktualitätsprinzip spricht oder sogar ganz falsch vom Aktualitätsprinzip, aufgestellt von CH. LYELL und A. VON HOFF (z. B. L. KOBER, 1923, S. 374). Die Lehre von HOFF's ist allmählich zum Gemeingut geologischer Wissenschaft geworden, so daß man in jeder Teildisziplin der Geologie die durch von HOFF's Arbeiten gewiesene Arbeitsmethode bis in die heutigen Tage verfolgen kann. Einer der eifrigsten Behüter des Erbes von HOFF's ist zweifellos auf deutscher Seite JOHANNES WALTHER gewesen, aus dessen umfassender Darstellung über die Bedeutung der Lehre vom Aktualismus (1893/94) ich manche Daten entnommen habe. Trotz aller im folgenden zu erhebenden Einwände wäre es falsch zu behaupten, daß dieser von JOH. WALTHER erneut hervorgehobene Weg, zunächst die an der heutigen Erdoberfläche beobachtbaren Vorgänge so zu analysieren, wie wenn die heutige Erdoberfläche ein fossiler Horizont werden könnte, und dann aus den erkannten Vorgängen und Erscheinungen die der geologischen Vergangenheit abzuleiten, zu verlassen sei. Der Aktualitätsgrundsatz ist und bleibt eine Arbeitsrichtung, welche auch in Zukunft größere Erfolge zeitigen wird, als wenn man nun ohne Bezugnahme auf die heutigen Geschehnisse z. B. alle fossilen Sedimente aus ihren Eigenschaften selbst heraus erklären wollte. JOH. WALTHER's „Lithogenesis der Gegenwart“ ist und bleibt eine Fundgrube nicht allein für sedimentpetrogenetische Forschungen. Es ist nicht notwendig darüber zu streiten, ob man von der „aktualistischen“ oder der „ontologischen Methode“ sprechen soll, welche letzteren Namen JOH. WALTHER einführt. Die Begriffsbestimmungen beider besagen im wesentlichen dasselbe, „daß wir aus den Erscheinungen der Gegenwart die Vorgänge der Vergangenheit zu ergründen suchen. Aus dem Sein erklären wir das Werden“ (JOH. WALTHER 1893/94). Oder noch viel vorsichtiger: Die Theorie des Aktualismus „bestreitet nicht die Möglichkeit, daß in früheren Zeiten infolge anders gearteter Bedingungen das Maß der Kraftäußerungen ein größeres gewesen sein kann; sie behauptet nur, daß das Wesen der geologischen Kräfte selbst die ganze geologische Zeit über unverändert geblieben ist...“ (EM. KAYSER 1921, S. 7). W. SALOMON (1926. Bd. II. S. 2) erläutert den Grundsatz des Aktualismus bzw. die onto-

logische Methode dahin, „daß man nicht berechtigt ist, Vorgänge für die Vergangenheit anzunehmen, wenn man nicht entsprechende Vorgänge in der Gegenwart beobachtet oder experimentell nachahmen kann.“

Wenn EM. KAYSER von einer aktualistischen Theorie spricht, so ist das schon zu weit gegangen. JOH. WALTHER ging nicht so weit, trotzdem er seine ontologische Methode immer wieder (auch 1924) hervorhob, sondern sprach selbst schon Bedenken gegen deren allgemeine Gültigkeit aus.

Aber ganz abwegig ist es, wenn man jetzt mehr und mehr von einem Gesetz des Aktualismus liest, trotzdem doch die Begründer und Verfechter des Aktualismus nur von einer aktualistischen (ontogenetischen) Methode redeten.

Wir müssen auch heute im Sinne des Aktualismus weiterarbeiten, aber wir müssen uns dabei stets überlegen, ob diese Arbeitsrichtung eine uneingeschränkte Gültigkeit für die gesamte, uns nur einigermaßen faßbare geologische Vergangenheit hat!

Wir dürfen nicht so ohne weiteres Leitsätze prägen, wie W. SALOMON in seinen Grundzügen der Geologie „Nach dem ältesten Archaikum hat sich jedes Gestein zu jeder Zeit der Erdgeschichte gebildet“ oder „eine genetische Einteilung der Gesteine muß nach dem HOFF-LYELL'schen Grundsatz des Aktualismus verfahren. Das heißt, sie darf nur solche genetischen Gesteinsgruppen annehmen, deren Bildung wir heute in der Natur beobachten, bzw. durch experimentelle Nachahmung als möglich erweisen“.

Wir dürfen auch nicht die Wege gehen, denen W. J. VERNADSKY in seinen sonst nach vielfacher Richtung sehr schätzbaren Darlegungen neuerdings (1930) folgte, wenn er die an der heutigen Oberfläche beobachtbaren Einflüsse der lebenden (und verwesenden) Substanz auf die älteren Formationen übertrug. Ich greife einige in diesem Zusammenhange wichtige Folgerungen aus der Darstellung von VERNADSKY heraus:

„Die Mineralien, die sich im Verlauf geologischer Zeiten gebildet haben, sind ganz bestimmt stets dieselben gewesen. Dieses gilt nicht nur etwa für den Zeitraum nach dem Cambrium, sondern ebenso auch für die archaische Zeit. In dieser Hinsicht läßt sich kein Wandel verspüren. Und nicht nur die Mineralien selbst zeigen in dieser Beziehung keine Veränderung, sondern auch ihre Paragenesen und ihre relativen Mengen sind zu allen Zeiten dieselben gewesen“¹⁾.

Bei rein geologischen Arbeiten sieht man nicht selten die Gedankengänge des Bearbeiters von der Auffassung beherrscht, daß die Abtragung in derselben Weise durch alle geologischen Zeiten hindurch gewirkt habe, wie sie heute abläuft. Davon, daß mit der Entwicklung des Lebens auf der Erde sich etwa die geologischen Vorgänge auf der Erde auch ändern, eben entwickeln könnten, davon ist nur ganz selten die Rede. H. STREMMER sagt (Grundzüge der praktischen Bodenkunde, Berlin 1926, 140): „Da ja die Bodenbildung auch in der geologischen Vorzeit der heutigen entsprechen muß, wie die Faunen, die Floren und die Gesteinsbildungen vom Kambrium an den heutigen entsprechen“. L. KOBER (1928, S. 6)

¹⁾ Von mir absichtlich gesperrt. E. K.

spricht ausdrücklich von einer Konstanz der Gesteinsbildung als einer allgemeinen geologischen Erfahrung, die schon in dem Gesetz des Aktualismus enthalten sei!

Schon in dem SALOMON'schen Leitsatze, weitergehend in Ausführungen von VERNADSKY und dann in den weiteren Beispielen, die beliebig aus vielen anderen herausgegriffen sind, scheint mir zunächst eine Über-treibung der Arbeitsmethode nach dem Grundsatz des Aktualismus vor-zuliegen, die wir bei sedimentpetrogenetischen²⁾ und geochemischen Be-trachtungen leider viel zu häufig finden. VERNADSKY hat zweifellos ein sehr großes Verdienst in der sozusagen dritten Auflage seines Buches „Geochemie“ sich dadurch erworben, wenn er biogene Einflüsse auf die Kreislaufvorgänge der Elemente durch vielfache Einzelangaben schildert. Ich greife der folgenden Darstellung schon etwas voraus, wenn ich sage, daß wir diese biogeochemische Migration der Elemente im Sinne von VER-NADSKY nach der an unserer heutigen Erdoberfläche gewonnenen Er-kenntnis nicht so ohne weiteres auf die geologische Vergangenheit über-tragen dürfen. VERNADSKY ist sich dessen nicht bewußt, daß er nach der aktualistischen Methode folgert. So sehr ist der Grundsatz des Aktualis-mus Gemeingut geologischer Betrachtung geworden! Und noch schärfer kommt diese aktualistisch eingestellte Methode darin zum Ausdruck, wenn er immer wieder davon spricht, daß „in der Erhaltung der Masse der lebenden Substanz scheinbar eine seit archaischen Zeiten unveränderte Konstante unseres Planeten“ zu erblicken sei (1930, S. 192). An anderen Stellen seines so anregenden Werkes spricht er von der „Tatsache“ der Konstanz der lebenden Substanz. Das gibt uns schon Rätsel auf. Noch mehr sehen wir Rätsel darin, wenn VERNADSKY dieser Konstante der Masse der lebenden Substanz dieselbe Bedeutung zuspricht „wie der Konstante der mittleren Zusammensetzung der Atmosphäre oder des Salzgehaltes des Weltmeeres“!

Ich finde die Begründung für die hier angezogenen Stellen in unserer Literatur, die ich noch durch viele andere vermehren könnte, nur darin, daß der Begriff des Aktualismus so Allgemeingut geologischen Forschens geworden ist, daß man über den Geltungsbereich dieses Begriffes viel zu wenig nachdenkt. Worin sollen denn überhaupt Konstanz der Gesteins-bildung (SALOMON), Konstanz der Masse der organischen Substanz, der mittleren chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre oder des Salz-gehaltes des Meeres (VERNADSKY) begründet sein?

Wir müssen aber bei solchen Einsprüchen gegen die übliche Darstel-lung hervorheben, daß in neuerer Zeit mannigfache ernstliche Versuche gemacht worden sind, den Geltungsbereich des Grundsatzes des Aktualis-mus genauer zu überprüfen. JOH. WALTHER hatte schon an verschiedenen Stellen eine vorsichtige Anwendung des Grundsatzes des Aktualismus empfohlen. K. ANDRÉE hat dann kürzlich (1930) nicht nur einen Über-blick über die Entwicklung der Lehre vom Aktualismus gegeben, welcher Zusammenfassung ich manches entnahm, sondern auch manche Versuche besprochen¹⁾, welche auf eine besondere Einschränkung des Aktualitäts-

²⁾ Bei rein sedimentpetrographischen Arbeiten kann man solche Entgleisungen schon übersehen. Wir bedürfen aber für den Fortschritt in der Geologie viel mehr sedimentpetrogenetischer als sedimentpetrographischer Unter-suchungen!

Grundsatzes hinzielten. Es ist nicht notwendig, alles das zu wiederholen, was dort KARL ANDRÉE zusammengetragen hat. Einige weitere Angaben gehen aus dem Schriftenverzeichnis hervor. Ich verweise besonders auf die sehr anregende Darstellung von E. DACQUÉ.

Die Fragestellung bei den neueren kritischen Beiträgen in bezug auf die Anwendung des Aktualitäts-Grundsatzes ist manches Mal völlig irreführend. Ich will hier absichtlich keinen Autor besonders nennen.

Wir müssen uns immer wieder ernstlich fragen: „Können Änderungen in den exogenen oder in den endogenen geologischen Vorgängen im Verlaufe der uns näher erkennbaren Erdgeschichte eingetreten sein, welche bei den geologischen Vorgängen grundlegende Änderungen herbeiführten?“ Wir müssen uns also mit anderen Worten bei der Verfolgung der aktualistischen Arbeitsrichtung immer wieder fragen, ob wir sie bis in die ältesten Erdzeitalter verfolgen dürfen! Das Ergebnis kurzer oder längerer Überlegung ist, daß wir die aktualistische Arbeitsmethode (nicht Theorie, geschweige denn Gesetz!) nur mit Vorsicht auf die geologische Vorzeit, besonders aber sehr vorsichtig auf paläozoische und präpaläozoische Formationen anwenden dürfen. Die vollständige Beantwortung der eben aufgeworfenen, überaus wichtigen Frage kann und soll nicht in einem Vortrage wie dem heutigen erfolgen. Es kann hier zunächst nur auf einige wesentliche Gesichtspunkte hingewiesen werden.

Ich greife zunächst einen von mir schon früher gelegentlich gestreiften Vorgang (1926, II. S. 167/8, 1927, S. 127 u. f.) besonders heraus, wenn ich frage: „Sind Abtragung, Umlagerung und Sedimentneubildung vor und nach der Vegetationsbedeckung des Festlandes einander gleich?“ oder „Können wir Unterschiede deduktiv und vielleicht auch induktiv feststellen über die Sedimentbildung unter Einfluß von vegetationsfreien oder vegetationsarmen gegenüber vegetationserfüllten Festländern humiden Klimas?“ Die letztere Fragestellung dürfte erkennen lassen, daß ich, ausgehend von meinen Untersuchungen in den Trockengebieten der Erde, die zunächst sicher der aktualistischen Arbeitsrichtung gelten sollten, nun bei der Anwendung recht vorsichtig vorzugehen empfehle.

JOH. WALTHER hat schon eingehend seine Urwüsten (zuletzt 1924, S. 325 u. f.) behandelt, ohne daß seine auf die Lithogenese des Paläozoikums hinausgehenden Betrachtungen allgemein beachtet worden wären. Es fehlt noch an einem näheren Eingehen auf einzelne Sedimente, aber vor allem eine Behandlung der indirekten Beeinflussung der Sedimentation durch die Vegetation. Wenn wir jetzt nun einen Schritt weiter gehen wollen — zuerst z. T. anschließend an die Ausführungen von JOH. WALTHER —, so wollen wir damit nicht behaupten, daß es uns möglich sei, die letzten Folgerungen in bezug auf jene Vorgänge zu ziehen. Die ganze Darstellung, die hier gegeben wird, soll auch nur die vorgelegte wichtige Frage wieder anschneiden, Wege zu ihrer Lösung andeuten und zu weitergehenden Überlegungen und Beobachtungen nach sedimentpetrogenetischer Richtung anregen.

Das vegetationsleere Festland hat sicher in bezug auf die Vegetation wüstenhaft ausgesehen. Jede Pflanze fehlte. Aber war das vegetationsleere Festland Wüste im aktualistischen Sinne, auch innerhalb der damals feuchten, humiden Gebiete? Waren auf dem damaligen vegetationsfreien Festlande die geologischen, gesteinsaufbereitenden und neubildenden Vorgänge dieselben, wie wir sie in den heutigen Wüsten, in den ihnen benachbarten feuchten Gebieten und dem ihnen benachbarten Meere beobachten? Ich muß darauf mit einem scharfen „Nein“ antworten. Die aktualistische Arbeitsrichtung versagt zunächst für die damaligen feuchten Gebiete fast vollkommen. Sie ist zunächst rein vergleichend, induktiv eingestellt. Jene feuchten vegetationsfreien Gebiete der Urwüste sind nicht vergleichbar mit den vegetationsarmen Trockengebieten der heutigen Erdoberfläche. Wenn wir Studien in den heutigen Wüsten auf jene vegetationsarmen Festlandsgebiete übertragen, so machen wir immer erneut Fehler. Es bleibt uns, um Abtragung und Neubildung jener alten Zeiten zu entziffern, nichts anderes übrig, als deduktiv — dies aber äußerst vorsichtig — vorzugehen. Es ist vielleicht notwendig zu betonen, daß ich damit nicht einer deduktiven Forschungsrichtung das Wort rede, welche in einer unserer Nachbarwissenschaften und bis in rein geologische Forschungen hinein noch ganz vor kurzem mancherlei Unheil anrichtete. JOH. WALTHER hat uns, wie gesagt, schon lebhaft seine „Urwüste“ geschildert, die vor Einzug der Vegetation auf die Festländer allüberall geherrscht haben sollte, ganz gleich, ob es sich um regenreiche oder regenarme, sagen wir pflanzenleere humide oder aride Gebiete gehandelt hat. Aber gerade darin, daß er für jene Zeiten nicht einen Unterschied zwischen niederschlagsreichen und -armen Gebieten machte, darin liegt ein Hauptmangel seiner Darstellung.

Versuchen wir uns aber einmal eine Vorstellung über die geologischen um- und neubildenden Vorgänge zu machen, welche aus den vegetationsfreien Festlandsgebieten alt- und präpaläozoischer Zeiten abzuleiten sind. Wir sind selbstverständlich auch bei einer solchen Ableitung zunächst an die aktualistische Methode gebunden, wenn wir deduktiv Verwitterung, Abtragung, Transport und Sedimentation für jene pflanzenlose Zeit schildern wollen. Wir beschränken uns zunächst auf die niederschlagsreichen humiden Gebiete jener Zeit. Gebirge waren reichlich vorhanden. Das Felsgerüst der Erde lag frei für die Einwirkung der Sonnenstrahlung bei Tage und für eine starke Ausstrahlung bei Nacht da. Auch Spaltenfrost wirkte energischer als auf dem später pflanzenbedeckten Festlande. Die Zerspaltung und Zerkleinerung der äußersten Gesteinshaut (die physikalische Gesteinsaufbereitung im Sinne von W. PENCK) war eine viel intensivere als in den späteren Zeiten der Erdgeschichte. Lockeres, sogar feinkörniges und feinstaubiges Material wurde reichlich durch rein physikalische Vorgänge an der Erdoberfläche freigelegt. Stürme brausten auch damals über das Land. Ihre Kraft wurde zuerst nicht und dann bei der Besiedlung des Landes mit Vegetation erst allmählich etwas stärker gebremst durch die Pflanzendecke, die nur mühsam sich auf dem festen Lande weiter ausbreitete. Das Fehlen einer Vegetationsdecke führte an den Berghängen zu intensiven Abgleitungen, zu trockenem Massentransport in einem

Ausmaße, wie wir ihn in der heutigen Zeit nur ganz ausnahmsweise kennen. Die durch die starke physikalische Verwitterung jener Zeiten freigelegten und immer wieder durch Schuttbewegung am Gehänge umgelagerten Massen wurden von den Stürmen jener Zeit intensiv ausgeblasen. Es muß eine gewaltige Staubausfuhr stattgefunden haben. Die Windabhebung, die Deflation, spielte eine sehr große Rolle. Immer wieder wurden Staub und Sand aufgewirbelt, an windstillen Plätzen abgesetzt, aber wieder aufgehoben und kamen erst in den Binnenbecken und Ozeanen jener Zeit zur Ruhe. Aber das Material war im wesentlichen nur aus der physikalischen Verwitterung hervorgegangen, war chemisch kaum zerlegt. Bei dem äolischen Transport in jenen pflanzenleeren, aber feuchten Gebieten ist Politur der anstehenden Felsen und einzelnen Bruchstücke durch das bewegte feinkörnige Material sicher eingetreten, ja sogar Facettenbildung und Ausarbeitung von Kantern dürfte sehr wahrscheinlich erfolgt sein. Somit verlieren diese Kriterien für die Ableitung ariden Klimas für jene alten Ablagerungen mehr und mehr an Beweiskraft.

Der Niederschlag selbst war schon geändert gegenüber den später mit niedriger Vegetation oder erst gegenüber den mit einer geschlossenen Walddecke überzogenen Gebieten. Das müssen wir schließen schon aus den vielen Daten der Beeinflussung des Niederschlages durch die heutigen Wälder. Das aber, was damals in irgendeiner Form als Niederschlag auf die Erdoberfläche herunter kam, zeigte einen ganz anderen Abfluß, als wir ihn aus den humiden Gebieten unserer Zeit kennen. Die abflußbehindernde und -regelnde Beeinflussung der Vegetation fehlte. Ein viel größerer Teil des Niederschlages, als heute, kam — zumeist sehr rasch — zum direkten Ablauf. Das alles führte zu Schuttströmen, Muren größten Ausmaßes³⁾. Täler wurden abgesperrt. Schaltseen stiegen an. Aber gewaltige Ausräumungen⁴⁾, wie wir sie in der heutigen Zeit, wenn auch in stark vermindertem Maße, in den der Vegetation durch die Natur oder den

³⁾ Es ist sehr wahrscheinlich, daß bei diesen trockenen und nassen Schuttbewegungen Glättung, Kritzung und Schrammung der Felsen in großem Maßstabe, aber auch Schrammung und eventuell sogar Facettenbildung einzelner Gesteinsbruchstücke in dem Schutte stattfindet. Diese Überlegung, zusammen mit der Ableitung großer Blockströme und daraus hervorgehender, Tilliten ähnlicher Massen läßt uns sehr bedenklich werden in bezug auf die Erklärung derartig ungeschichteter Massen mit gekritzten Blöcken als glazialen Ursprungs. Will man altpaläozoische Blocklehme für Beweise glazialer Sedimentation ansehen, dann müssen auch noch weitere Beweisstücke für den glazialen Ursprung vorliegen. Die vielen Angaben über altpaläozoische und präpaläozoische Glazialablagerungen bedürfen einer genaueren Nachprüfung. Es liegt mir ferne, dies an dieser Stelle zu versuchen. Es mußte aber im Rahmen des oben durchgeführten Gedankenganges auf die Möglichkeit einer anderen Erklärung jener heute als glazial angenommenen Ablagerungen wenigstens hingewiesen werden.

⁴⁾ Wenn K. ЛЕУЧС (1916) von den zentralasiatischen Gebirgen schreibt: „Besonders zeigt die starke Abtragung vieler Ketten zusammen mit der Anhäufung gewaltiger Schuttmassen in und zwischen ihnen, daß auch in den Gebirgen klimatische Bedingungen herrschen, welche zu einem Überschuß der Anhäufung gegenüber der Transportkraft des fließenden Wassers führen“, so können wir dies insofern auch auf jene ältesten Zeiten der Erdgeschichte beziehen, da dort zeitweise oder örtlich ähnliche Verhältnisse geherrscht haben. Wir müssen aber hinzufügen, daß oft ganz plötzlich auf jenen pflanzenleeren Festlandsgebieten diese Schutthanhäufung in das Gegenteil verkehrt wurde und eine intensive Ausräumung stattfand. Die Gegensätzlichkeit muß damals sehr groß gewesen sein.

Menschen beraubten Gebieten sehen, waren die Regel. Die ganze Täler absperrenden Schuttmassen wurden ganz oder teilweise hinausgefegt. Abrollung war gering. Auch in den Schuttmassen konnte Abschleifung, wahrscheinlich sogar Facettenbildung eintreten. Die oft nur wenig gerundeten Bruchstücke der Felshänge wurden — dazu noch im chemisch wenig zerlegten Zustande — in die Absatzbecken, festländischer oder mariner Art, hinaus gebracht. Diese Schlammströme auf jenen vegetationsleeren, z. T. auch noch in den später vegetationsarmen Festländern sind z. T. den Schichtfluten und ihren gewaltigen Ausräumungen arider Gebiete zu vergleichen. Aber wie viel wirksamer, und wie viel stärker die Sedimentation beeinflussend, war dieser Abtrag zu jenen vegetationsarmen Zeiten der frühesten Erdgeschichte gerade in den niederschlagsreichen Gebieten? In den ariden Gebieten der heutigen Zeit ist die intensive Ausräumung zumeist nur episodisch, oft nur nach langen Jahren eintretend, ganz selten periodisch, jedenfalls äußerst langsam voranschreitend. Aber in jenen humiden Gebieten früher Erdgeschichte trat die Ausräumung so und so oft innerhalb des Jahres, in der einen Gegend stärker als in der anderen auf. Der Erfolg war aber eine von Ort zu Ort wechselnde mechanische Aufbereitung, Umlagerung und Sedimentation von überhaupt nicht oder nur wenig chemisch aufbereitetem Gesteinsmaterial. Im ganzen waren jene pflanzenleeren humiden Gebiete ausgesprochene Ausräumungsgebiete. Sie sind damit ihrem Wesen und den Vorgängen nach grundverschieden von den heutigen pflanzenarmen Wüsten, die zumeist Aufschüttungsgebiete sind, oder in denen mindestens zeitweise und örtlich dauernde Aufschüttung vorwaltet.

Der Niederschlag gab wohl auch damals einen Teil ab zum Sicker- und Senkwasser und zur Ausbildung eines mehr oder weniger tief liegenden Grundwasserspiegels. Die für die spätere und die jetzige Zeit so überaus wichtige Bedeutung der Vegetation in bezug auf eine Regulierung des Wasserabflusses fehlt jedoch. Damit war der in das Senkwasser übergehende Anteil des Wasserkreislaufes jener Zeit wesentlich von dem der heutigen Zeit verschieden, wobei, wie ich immer wieder betonen muß, nur feuchte Gebiete verglichen werden sollen. Die gleichmäßige Infiltration, die in unserer Zeit für die annähernde Erhaltung der Grundwasserspiegel und für einen gleichmäßigen Fortgang chemischer Verwitterungs-, Absorptions- und Austauschvorgänge so überaus wichtig ist, fehlte. Zeitweise waltete, bei stärkstem Abfluß und Transport der angehäuften, im wesentlichen nur physikalisch zerlegten Gesteinsbestandteile, eine rein mechanische Sedimentation im Vorlande, sei es auf dem Festlande oder im Meere, vor.

Aber zwischendurch fehlte es bei dem auch in den niederschlagsreichen Gebieten jener Zeiten — wie gesagt — nicht fehlenden Eindringen an Sickerwasser nicht an normalen Auflösungsvorgängen und hydrolytischer Zerspaltung. Die Folge war selbstverständlich, daß den nur physikalisch zerlegten Gesteinskomponenten in den Sedimentationsbecken jener Zeit auch einmal — aber meist nur episodisch — chemisch zerlegte Sedimente eingeschaltet wurden. Aber keinesfalls kann der Absatz chemisch stark zerlegter Sedimente eine so große Rolle gespielt haben, wie wir sie für die spätere Zeit annehmen müssen, in welcher die Vegetation als ein immer stärker zunehmender Ausgleicher der Ver-

witterungs-, Abtragungs-, Transport- und Sedimentationsvorgänge längst erkannt ist.

Aber noch einen anderen Vorgang dürfen wir nicht übersehen, der jene Zeiten in bezug auf Abtrag, Transport und Absatz ganz gewaltig, vielleicht sogar am stärksten von der heutigen Zeit unterscheidet. Wir wissen, daß die lebende und die verwesende organische Substanz in mehrfacher Weise die Verwitterung und damit auch den Abtrag und die Bildung von neuen Sedimenten beeinflusst. Das Wurzelwerk festigt den Boden gegen rasche äußere Einwirkung. Das Wurzelwerk hält durch die Wintermonate das Leben der Pflanzen, die dann in der nächsten Vegetationsperiode den Boden weiter schützen. Das Wurzelwerk sichert mehr oder weniger vor Abgleiten, Bodenfließen, Bergstürzen, Muren usw. Wir müssen immer wieder an die Worte von JOH. WALTHER denken: „Dieses unterirdische Wurzelwerk aber ist für den Geologen das wichtigste Organ der festländischen Flora“. Die biologischen Vorgänge im Boden führen aber weiter zu einer Vermehrung des Kohlensäuregehaltes in der Bodenluft. Ein Teil dieser neugebildeten Kohlensäure wird vom Sickerwasser aufgenommen und erhöht zweifellos dessen chemische Wirkung. Andererseits wissen wir, daß die verwesende organische Substanz zu einer ganzen Reihe verschiedenartig zusammengesetzter Humuskolloide führt, welche einmal physikalisch, dann aber weitgehend chemisch die Verwitterung beeinflussen.

Wir wollen für die folgende Darstellung vor allem einen Vorgang herausheben, der für die Deutung mancher paläozoischer Sedimente von weitgehender, aber — weil damals auf den Festländern fehlend — negativer Bedeutung ist. Die mit dem Senkwasser wandernden Humuskolloide führen nicht selten eine Verarmung der obersten Bodenzonen an Mineralstoffen herbei, und, was hier für uns ganz besonders wichtig ist, durch die Umlagerung und stellenweise Fortführung der färbenden Bestandteile, besonders des Eisens, eine Farbänderung und oft weit ausgedehnt eine Ausbleichung der Verwitterungsrinde herbei. Wir kennen diesen Vorgang in ausgedehntem Maßstabe in den Bleicherdegebieten, der Podsolbildung und nehmen an, daß auch bei der Kaolinisierung an tertiären und älteren Landoberflächen eine ähnliche Beteiligung der Humuskolloide eintrat. Wir ersehen daraus schon, daß die geochemischen Vorgänge an der damaligen Oberfläche sich schon wegen des Fehlens der Beteiligung der Zerfallprodukte organischer Substanz ganz wesentlich von den an der heutigen Erdoberfläche unterschieden haben müssen.

Hinzu kommt aber auch für die Vorgänge chemischer Verwitterung die ganz andere Gestaltung des Wasserkreislaufes. Im allgemeinen muß die Hydrolyse des Wassers eine sehr geringe gewesen sein, weil einmal der Ablauf vorwiegend, sehr rasch und stürmisch verlief, während die Versickerung des in den Boden eindringenden Wassers nicht durch die Vegetation reguliert wurde, so daß oft nur wenig Wasser eindrang, dann aber zuweilen, aber nur episodisch, große Mengen Wasser versickerten, so daß dann Auslaugung eintreten konnte. Die notwendige Zeit zu einer hydrolytischen Spaltung, zu einer intensiven chemischen Zerlegung, fehlte aber meistens.

Es wäre aber falsch, die Erkenntnisse, die wir aus den heutigen ariden Gebieten in bezug auf die Bildung einer wesentlich nur physikalisch

zerlegten Lockerdecke erlangten, so ohne weiteres auf jene humiden Gebiete der pflanzenleeren Erde zu übertragen. Wir können den Zustand der Erdoberfläche zu jener Zeit heute nur in allgemeinen Umrissen uns vorstellen. Ein wesentlicher Gegensatz gegenüber den heutigen ariden Gebieten dürfte nach der Richtung anzunehmen sein, daß wir in jenen pflanzenleeren Räumen (der „Urwüste“) humiden Charakters nicht mit so großen Mengen leichtlöslicher, leicht wandernder Substanzen wie in den späteren Wüsten ariden Charakters zu rechnen haben. Andererseits lag ein Hauptunterschied gegenüber den heutigen humiden Gebieten darin, daß das auch damals nicht fehlende Bodenwasser einen basischen Charakter besessen haben muß. Das alles weist darauf hin, daß die Vorgänge bei der chemischen Verwitterung sich ganz wesentlich von den heutigen unterschieden haben müssen, gerade besonders dann, wenn man nur humide Gebiete beider Zeiten miteinander vergleicht.

Ich konnte nur einige der wichtigsten Einflüsse der lebenden und verwesenden organischen Substanz auf die heutigen Verwitterungsvorgänge in den feuchten Gebieten der Erde streifen, um Ihnen daraus den Gedanken nahe zu legen, wie die Verwitterungsvorgänge in jenen alten pflanzenleeren, aber doch feuchten, also humiden Räumen der Erde grundverschieden von den heutigen waren und sich nicht direkt aus den heutigen Verwitterungserscheinungen nach dem Grundsatz des Aktualismus ableiten lassen. Das Fehlen der organischen Substanz an der damaligen Oberfläche mußte den physikalischen und chemischen Ablauf der Verwitterung, dann auch die Abtragung und endlich in ganz besonderem Maße auch die neugebildeten Sedimente beeinflussen. Erst bei der letzten Durchsicht dieser Niederschrift werde ich auf einen Ausspruch von H. HARRASSOWITZ (Handbuch d. Bodenlehre 1930, Bd. 4, 305) aufmerksam, den ich in dem Zusammenhang mit dem vorhergehenden anführen möchte, welche Überlegung lange festgelegt war, ehe ich die Darstellung des Genannten über „Fossile Verwitterungsdecken“ zu Gesicht bekam: „Verwitterungsvorgänge lassen sich nicht als ein rein anorganisches Problem betrachten, sondern nur in ihrer Verbundenheit mit der Geschichte der Erde und des Lebens“. Wir müssen den Satz dahin erweitern, daß Verwitterungsvorgänge und Sedimentneubildung keine rein anorganischen Probleme sind, selbst dann nicht, wenn es sich um fossilfreie, rein klastische Sedimente handelt. Stellen wir uns auf diesen Standpunkt, dann wird uns klar, weshalb die vielen rein sedimentpetrographischen Arbeiten von rein mineralogisch-paragenetischem Standpunkte aus so wenig Fortschritte gebracht haben. Selbst bei rein klastischen Sedimenten müssen wir die Umwelt, auch das Abtragungsgebiet und vor allem das Leben in diesem letzteren, in erster Linie die Flora beachten.

Es ist aber weiter ohne weiteres — wiederum nur deduktiv zunächst — ableitbar, daß nicht gleich mit dem Einziehen der Vegetation auf die Festländer der physikalische und chemische Einfluß der organischen Substanz auf diese um- und neubildenden Vorgänge gleich so einsetzt, daß er dem der heutigen Zeiten entspricht. Es wird eine lange Übergangszeit eingetreten sein, in welcher wir wohl aus den Neubildungen auf eine langsame Änderung der Vorgänge in den Abtragungsgebieten schlie-

ßen müssen. Ja, man könnte sogar vermuten, aber nach dem heutigen Stande unserer Kenntnis auf diesem Gebiete wohl kaum schließen, daß mit der allmählichen Entwicklung und Ersetzung der Floren auf den Festländern noch weitere Änderungen in der Verwitterung, Abtragung und Sedimentation eingetreten sein müssen. Hier wäre ein Grenzgebiet, auf dem sich Paläobotaniker und Sedimentpetrogenetiker zu gemeinsamem Arbeiten die Hand zu reichen haben.

Ziehen wir aber nun zunächst eine wichtige Schlußfolgerung aus dem eben vorgetragenen. Wenn auch auf jenen pflanzenleeren Festlandgebieten zuweilen chemische Aufbereitung in den lockeren Schuttmassen und noch seltener im festen Gesteine einsetzte, so fehlte vor allem die Entbasung und Ausbleichung durch die aus der Verwesung der organischen Substanz hervorgegangenen Humusbestandteile. Dort, wo nur physikalische Verwitterung vorherrschte, da hielt der Verwitterungsrückstand die Buntheit der ursprünglichen Gesteine. Dort, wo aber — wie gesagt — meist geringfügige chemische Verwitterung einsetzte, da konnten auch einmal entgegengesetzte Verhältnisse sich einstellen. Ob sie regionale Bedeutung gehabt haben, darüber läßt sich streiten.

Bei solchem deduktiven Vorgehen meiner Darlegungen werden Sie unbedingt fragen müssen: Gibt es denn auch Beweise für diese Betrachtung der Festländer jener Zeit? Zur Beantwortung müssen wir uns einzelne Gesteine bzw. Gesteinsgruppen des Paläozoikums etwas näher ansehen. Es kann auch hier sich nur um einen Versuch handeln, der zu weiterem Nachforschen anregen soll.

Wenn wir die vorliegenden Analysen von Tonen, Schiefertönen und Tonschiefern ansehen, so fällt uns auf, daß, je jünger die Formation ist, aus der die Gesteine der Analysen stammen, um so mehr reine Tone im chemisch völlig zerlegten, der alkalischen Erden, der Alkalien und der färbenden Bestandteile beraubten Zustande vorliegen. Unter den paläozoischen und präpaläozoischen Tonschiefern sind viele alkalireich, viele haben einen hohen Na_2O -Gehalt und unter den K_2O -reichen Tonschiefern haben die meisten paläozoischen Tonschiefer einen nicht unbeträchtlichen Natrongehalt (mancherlei Analysen z. B. bei F. W. CLARKE 1924, G. LINCK 1913, F. F. GROUT 1925 u. a.). Will man die chemischen Verhältnisse der Tonschiefer mit ihrem Gegensatz zu den später abgesetzten tonigen Gesteinen deuten, so kommt man nicht darum herum zu sagen, daß ein großer Teil der Tonschiefer nicht durch Verwitterungsvorgänge chemisch zerlegte Bestandmassen, sondern eben Gesteinsmehle (Alphitite) in dem von W. SALOMON (1915) so glücklich geprägten Sinne sind. Und wenn wir dann weiter die feine gleichmäßige Schichtung, den geringen Wechsel nach feinsandigen Lagen beachten, dann können wir nicht an eine fluviatile Umlagerung dieser feinsten Verwitterungsprodukte denken. Sie würde mit den geschilderten Abflußverhältnissen jener pflanzenleeren Räume kaum in Einklang zu bringen sein. Aber abgesehen davon: Ist es nicht viel leichter, an die zweifellos ganz intensive Entstaubung jener pflanzenleeren Räume in den Zwischenzeiten zwischen zwei Niederschlägen zu denken? Was nach einem Niederschlag abfließen kann, fließt rasch ab. Die Oberfläche muß rasch abtrocknen.

Die Windabhebung, die Deflation, setzt stark ein. Der Staub, der, wohl verstanden, zum großen Teile nur aus physikalisch, nicht chemisch zerlegten Gesteinsbruchstücken besteht, setzt sich da oder dort an windgeschützten Orten wieder ab, wird immer wieder vom Winde ergriffen, bis er in einem Binnensee oder in einer geschützten Meeresbucht eine endgültige Ruhestelle findet. Ich möchte einen großen Teil der paläozoischen Tonschiefer als ein äolisch-aquatisches Sediment alphititischer Zusammensetzung ansehen. Das schließt nach allen vorhergehenden Überlegungen nicht aus, daß stellenweise oder zeitweise tonige Sedimente rein chemischer Verwitterung und fluviatilen Transportes gebildet wurden. Aber das sind dann nicht die einheitlich weit anhaltenden, gleichmäßigen Alphitite mit nur geringem Wechsel der Korngröße in den aufeinander folgenden Lagen (manche Dachschiefer dürften hierhin gehören), die wir auf dem Wege äolischer Zufuhr infolge Deflation auf den Festländern leichter erklären können. JOH. WALTHER hat die Bedeutung der Deflation für seine „Urwüsten“ bereits hervorgehoben. Die Deflation spielt auf den heutigen Festländern wohl eine wichtige Rolle, aber trotzdem dürfte sie verschwindend gering sein gegenüber jener Deflation, die in den pflanzenleeren Räumen altpaläozoischer Zeit herrschte.

Ein anderes Gestein, das uns hier besonders beschäftigen muß, liegt in den paläozoischen Grauwacken, den Grauwackenschiefern und ihnen nahestehenden Konglomeraten vor. Im Sinne des angezogenen Leitsatzes von W. SALOMON fragen wir uns sicherlich: Sind das Gesteine, die sich zu jeder Zeit der Erdgeschichte gebildet haben? Sie werden mir zustimmen, wenn ich hier noch mehr als bei jenen alphititischen Tonschiefern mit einem scharfen „Nein“ antworte. Anklänge an Grauwackenbildung kennen wir wohl in den Schuttbildungen, welche wohl an jede orogenetische Aufwölbung geknüpft sind. Aber alle diese Begleitgesteine der Orogenese als „Grauwacken“ zu erklären, das wird jeder Stratigraph und Tektoniker ablehnen. Das, was uns hier besonders angeht, das ist das ungleichmäßige jeder einzelnen Grauwackenbank. Frische Gesteinsbestandteile in großer Masse, vor allem Feldspäte, treten hervor. Chemisch stark zerlegte, tonige Bestandteile sind mehr oder weniger stark beige-mengt (vgl. dazu auch KAISER 1927, S. 129). Die Korngröße der einzelnen Bestandteile wechselt in der einzelnen Bank oft außerordentlich stark. Tonschieferfetzen, Quarzbruchstücke oder Gerölle, ja unveränderte Granit- und Gneisbrocken sind, ohne daß eine Ordnung nach der Größe festzustellen ist, nicht selten in sicher marin abgelagerten Grauwacken festzustellen. Von meinem hier entwickelten Standpunkte aus kann ich im Gegensatz zu SALOMON (1915) aus den Eigenschaften der Grauwacken nichts über die Länge des Transportes der Grauwacken herauslesen. Ich sehe nur, daß in den Herkunftsgebieten keine intensive chemische Verwitterung geherrscht haben kann. Der Transport wurde durch die intensiven Ausräumungen bewirkt.

Oft, wenn ich mir wieder eine gröbere Grauwackenbank im rheinischen Schiefergebirge angesehen habe, kam mir der Vergleich mit den Fanglomeraten arider Gebiete, welchen Begriff ich, nach dem Vorbilde von A. C. LAWSON, in die deutsche Literatur einführte. Aber doch gehört die große Mehrzahl der Grauwacken sicher nicht zu den Fanglo-

meraten. Eine gewisse genetische Ähnlichkeit besteht darin, daß die Fanglomerate ihre Entstehung aus dem katastrophalen episodischen Abfluß der jungen Trockengebiete ableiten, terrester oder marin sein können, daß aber die Grauwacken aus jenen pflanzenleeren oder pflanzenarmen Festländern mit durchdauerndem Niederschlag, aber geringer chemischer Verwitterung abzuleiten sind. Da der Niederschlag in jenen Räumen, wie in den heutigen humiden Gebieten, stark wechselte, so ist es nicht zu verwundern, daß wir feinkörnige Grauwacken mit grobkörnigen Grauwacken, ja direkt Grauwackenkonglomeraten wechseln sehen. Fanglomerate und Grauwacken zeigen uns gewisse Konvergenzerscheinungen anorganisch-geologischen Geschehens. Wir dürfen aber beide Begriffe nicht miteinander vereinigen, müssen sie aber bei späterer Gelegenheit noch schärfer voneinander abgrenzen.

Es ist auch weiter die innige Verknüpfung von grobklastischen Sedimenten mit feinkörnigen heranzuziehen, die wir uns nach der rein aktualistisch eingestellten Arbeitsmethode als küstennah bzw. küstenferner entstanden denken. Ist diese Auffassung auch faunistisch begründet, dann können wir mit einer Verschiebung rechnen, dann können wir von Ingressionen und Regressionen des Meeres und von Veränderungen in dem Verhältnisse von Abtragungsgebiet gegenüber Sedimentationsraum sprechen. Dann können wir aus dem Wechsel in der Körnung der Sedimente auch auf das tektonische Geschehen zurückschließen. Ist aber ein Wechsel in der Fauna des fein- gegenüber dem gröbkörnigen Sedimentes nicht nachweisbar, treten dann weiter in dem feinkörnigen Tonschiefer nur reine Alplitite auf, dann müssen wir doch schließen, daß dieser Wechsel im Sediment nicht mit großen Niveauverschiebungen verknüpft zu sein braucht, sondern bedingt sein kann durch die starke Deflation in jenen pflanzenleeren Räumen mit den damals mehr hervortretenden hohen Windstärken und Wirbelstürmen, die vielleicht die an der heutigen Erdoberfläche auftretenden um ein Vielfaches übertroffen haben.

Hinzuweisen ist auch auf die viel mehr aneinander angeglichenen Färbung paläozoischer Sedimente gegenüber den scharf voneinander abweichenden Färbungen der mesozoischen und jüngeren Schichtfolgen. Ein Umschwung deutet sich bei uns schon im Carbon, ausgesprochen im Perm an, doch getrübt durch die andersartigen klimatischen Verhältnisse in den umgebenden Abtragungsgebieten. Auf diesen Übergang kommt es nur nebensächlich an, Die Hauptsache ist, daß, wenn wir die Gesamtheit mesozoischer Sedimente gegenüber paläozoischen stellen, wir aus ersteren auf eine viel weitgehendere chemische Aufbereitung in den Abtragungsgebieten schließen müssen. Ton-Sandstein-Kalk des Mesozoikums, wobei ich von Gebieten ausgesprochen arider Beeinflussung absehe, deuten doch auf ganz andere Vorgänge auf den Festländern hin, als die Reihe Grauwacke-Grauwackesandstein-Tonschiefer alplititischer Zusammensetzung-Kalk, welcher letzterer sich bei allen verschiedenartigen Bildungsbedingungen wohl erklären läßt.

Einige Worte mögen noch der Übertragung des Begriffes Arkose auf paläozoische Sedimente gewidmet sein. Nach dem hier angenommenen Zustande auf der Erdoberfläche zu alten Zeiten können sie äolisch gebildet

sein und damit eine gewisse Ähnlichkeit haben mit den Arkosen der jüngeren Formationen und der Jetztzeit. Aber sie sind damit kein Anzeichen für eine Aridität des Abtragungsgebietes. Kreuzschichtung, Trockenrisse, Netzleisten, usw. helfen uns nichts. Auch Kräuselungen der Schichtfläche (Rippelmarken) haben keine besondere Bedeutung. All die Erscheinungen, welche wir bei jüngeren Formationen unbedingt als Anzeichen einer Aridität, zumindest des Abtragungsgebietes, ansprechen dürfen, können wir bei den paläozoischen und präpaläozoischen Sedimenten nicht in dem gleichen Sinne verwerten. Angaben, wie man sie in der amerikanischen Literatur findet, daß aus der weiten Verbreitung von Arkosen, z. B. im Algonkium, auf eine allgemeine Aridität geschlossen werden müsse, geben uns, von einem Gesteinsbegriff ausgehend, eine ganz falsche sedimentpetrogenetische Deutung der Schichtfolgen. Wissen wir schon aus Gesteinen des Diluviums und der Jetztzeit, daß sich feldspatführende Sandsteine unter ganz verschiedenen klimatischen Verhältnissen bilden können, so dürfen wir erst recht nicht den Begriff Arkose zu klimatologischen Schlußfolgerungen für jene pflanzenleeren Zeiten benutzen. Bei der geringen chemischen Verwitterung, die damals — wie in diesem Vortrage ausgeführt wurde — herrschte, konnte auch der gelegentlich ruhige Abfluß feldspatführende Sande in Binnenbecken und im Meere absetzen. Aus diesen terrestren oder marinen Sedimenten entwickelten sich den späteren Arkosen ähnliche Gesteine. Je weiter wir in der Erdgeschichte zurückgehen, um so mehr bilden sich feldspatführende Sandsteine unter anderen klimatischen Bedingungen, als denen heutiger arider Gebiete. Je weiter rückwärts, um so mehr fehlten in dem Abtragungsgebiete die Erscheinungen chemischen Zerfalls. Wir müssen entweder aus der Begriffsbestimmung der Arkosen die Bedingung ariden Klimas herausnehmen und dürfen aus ihnen nicht mehr auf die klimatischen Bedingungen zurückschließen, oder wir müssen — was sich wohl besser durchführen läßt — jenen alten Sedimenten einen anderen Namen geben. Vorläufig wird es noch am besten sein, die alten feldspatführenden Sandsteine mit den Grauwacken zu vereinigen (man vergleiche hierzu auch die Bemerkungen von W. SALOMON, in der mit Recht die Systematik der alten Sedimente angreifenden Arbeit von 1915). Zuweilen liest man auch, daß aus dem Auftreten von Arkosen in den älteren Sedimenten auf ein aus kristallinen Gesteinen aufgebautes Abtragungsgebiet geschlossen wird. Viel folgerichtiger wäre es, auf eine geringe chemische Verwitterung in dem Abtragungsgebiete zu schließen.

JOH. WALTHER hat den algonkischen Sedimenten einen besonderen Aufsatz gewidmet (1909). Darin macht er besonders auf die Sparagmite am Mjösen See in Norwegen aufmerksam und zeigt, daß auch im Torridon-Sandstein Schottlands ähnliche grobkonglomeratische, feldspatreiche Bildungen auftreten, und daß man auch im Cambrium Böhmens petrographisch entsprechende Bildungen antröfe. Solche grobkörnige, große Feldspatbruchstücke führende Gesteine sind in den älteren Formationen nicht selten. Ich will nur erwähnen, daß ich sie in dem Basiskonglomerat der Namaformation Südafrikas mehrfach sah, überhaupt in Südafrika dort, wenn das Gneis-Granit-Grundgebirge abgetragen und seine Abtragungsprodukte in irgendeiner paläozoischen oder präpaläozoischen Schichtfolge abgesetzt waren. Es handelt sich dabei nicht um die gewöhnlichen Trans-

gressionskonglomerate. Die Erhaltung des Feldspates ist auch dort ein Zeichen für die fehlende oder geringe chemische Verwitterung des Feldspates in den feuchten Festlandsgebieten jener Zeit. Die Erhaltung der Feldspäte ist auch hier nicht ein Zeichen für die Aridität der betreffenden Gebiete. Ich durfte 1923 unter der Führung von V. M. GOLDSCHMIDT, TH. VOGT und anderen norwegischen Fachgenossen die Sparagmite am Mjösen See besuchen. Ich verglich damals diese Gesteine mit den jüngeren Fanglomeraten. Heute habe ich, ebenso wie bei der Übertragung des Begriffes Arkose auf die alten Formationen, die gleichen Bedenken bei dem Vergleich der Sparagmite mit den Fanglomeraten. Die Sparagmite sind die Zeichen für die großen Sturzfluten von den pflanzenleeren aber humiden Gebieten älterer Formationen mit geringer chemischer Verwitterung. Die Fanglomerate zeigen uns die Ausräumung arider Gebiete an, so wie A. C. LAWSON diesen Begriff aufstellte. Oder aber wir müssen jede genetische Deutung in der Begriffsbestimmung der Sedimente ausschalten, was ich nicht für gut erachte.

Je weiter wir in der Erdgeschichte zurückgehen, um so mehr sehen wir, wie die Möglichkeiten für die Bewahrung der bei der Denudation freigelegten Feldspäte günstiger werden. Sollte das nicht auch eine Bedeutung für die kristallinen Schiefer haben? Ist die Frage der Gneisbildung nur eine Frage der Tiefenstufe metamorpher Umwandlung? Sind nicht die Sedimente, je älter sie sind, um so mehr vergneist? Das Material, welches zur Metamorphose gelangte, spielt doch eine sehr wichtige Rolle. Fragen nach dieser Richtung hin, die in dem hier vorgetragenen Gedankengänge selbstverständlich auftauchen müssen, kann ich an dieser Stelle nicht behandeln. Ich möchte nur darauf aufmerksam machen, daß die Erklärung der Entstehung der kristallinen Schiefer auch einmal die hier erörterten biogeochemischen Vorgänge auf den alten Festländern berücksichtigen muß.

Eine andere Folgerung aus dem hier Vorgetragenen ergibt sich in bezug auf die Genese und die Einordnung der alten sedimentären Lagerstätten. Gerade die anderen Kreislaufvorgänge, das Fehlen der organischen Substanz auf den Festländern; und dann zunächst das Fehlen und später das allmähliche Eintreten der verwesenden Humusstoffe führt dazu, gerade für die alten Lagerstätten die aktualistisch eingestellte Arbeitsrichtung nur mit ganz besonderer Vorsicht zu pflegen. Wenn wir alte sedimentäre Goldlagerstätten uns nach dem Prinzip der heutigen Goldseifen zu erklären suchen, so liegt darin doch ein großer Fehler. Denn die Bewegung des Goldes in den heutigen Seifen ist abhängig von dem Humus und seinen Abfallprodukten. Die Bewegung des Goldes, wie anderer Metalle, an dem Ausbisse der Lagerstätten an der heutigen Erdoberfläche, erfolgt nicht unabhängig von den biologischen Vorgängen an der Erdoberfläche und ihren Folgeerscheinungen. Aber auch der fluviatile Transport, wie die Sedimentation, müssen abhängig gewesen sein von jenen gegenüber den heutigen Zeiten geänderten Abtragungsverhältnissen. Ich denke dabei in erster Linie an die gewaltigen Goldlagerstätten des Witwatersrandes. Ich kann dies hier nur andeuten.

Aber wenn wir dann die gewaltigen sedimentären Eisen- und Manganerzlagerstätten ältester Formationen ansehen, so fragen wir uns immer wieder vergeblich nach ihrer Entstehung, eben weil wir viel zu sehr aktualistisch denken.

Im ganzen wäre es wohl für die Deutung der älteren sedimentären Lagerstätten unbedingt notwendig, daß man für ihre Genese und Systematik sich mehr und mehr von der rein anorganischen Betrachtungsweise frei macht und sich darüber klar wird, daß es sich bei dem Vergleiche von sedimentären Lagerstätten — genau so wie bei den Sedimenten — nicht um die Betrachtung gleicher geochemischer Verhältnisse im Sinne von VERNADSKY, sondern um die Heraushebung und Unterscheidung verschiedenartiger biogeochemischer Vorgänge handelt.

Die sedimentären Lagerstätten werden genau so stark, wie die Sedimente, von der Entwicklung des Lebens auf der Erde beeinflusst. Damit kommen wir dazu, aus den Änderungen der Lebenserscheinungen auf eine Änderung in der Sedimentation, in den sedimentären Gesteinen und damit auch der sedimentären Lagerstätten zu schließen. Ein jedes Gestein kann sich nicht zu jeder Zeit der Erdgeschichte gebildet haben.

Alles das führt uns endlich zu dem Schlusse, daß alle Systeme der Sedimentgesteine, wie der sedimentären Lagerstätten, viel zu sehr von dem Grundsatz des Aktualismus überschattet sind. Das gilt für die Versuche einer Gliederung in der neueren Zeit, aber noch viel mehr für die älteren, besonders für die altertümlichen Gruppierungen der Sedimente in den meisten unserer Lehrbücher der verschiedensten Spezialfächer. Jeder, der einmal nur den Versuch einer besseren, genetisch begründeten Systematik der Sedimente macht, wird des Dankes der Fachgenossen sicher sein. Nicht jeder Versuch wird uns das erstrebenswerte Endziel bringen. Aber aus mehreren Versuchen könnte dann einmal eine der heutigen Erkenntnis entsprechende bessere Einteilung der Sedimente gewonnen werden.

Auch in bezug auf diesen letzten Punkt beschränke ich mich darauf, durch den Hinweis auf Mängel der bisherigen Systeme vielleicht Mitarbeiter an der Ausarbeitung einer neueren besseren Gliederung unserer Sedimente, besonders der klastischen zu gewinnen. Damit ist nicht gesagt, daß nicht auch für die Gliederung nichtklastischer Sedimente Verbesserungen notwendig sind. Anregungen zur Mitarbeit sollte nicht nur dieser letzte Punkt der Systematik bieten, sondern auch die meisten vorgetragenen Gedanken sollten nur der Anregung dienen. Deshalb mußten auch manche Fragen, die andere Fachgenossen für erledigt halten, nochmals besprochen werden.

Unvollständig sind diese Ausführungen besonders nach der Richtung hin, daß nur das niederschlagsreiche, pflanzenleere Festland alter Zeit in die Betrachtung einbezogen wurde. Daß auch noch viele andere Umstände eine Veränderung in der Sedimentation herbeigeführt haben oder haben können, dessen bin ich mir voll bewußt.

Für diejenigen, welche der einen oder anderen Anregung folgen wollen, sei besonders darauf hingewiesen, daß es auch in dem anorganischen Geschehen bei den exogenen Vorgängen auf der Erdoberfläche mancherlei Konvergenzerscheinungen gibt. Die gleich beschaffenen Endprodukte brauchen nicht gleicher Entstehung zu sein! Auch die Gesteine sind abhängig von ihrer Umwelt und nur dann

genetisch zu erklären, wenn man sie nicht nur für sich, sondern im Rahmen von Abtragungsgebiet, Transportbahn und Sedimentationsraum betrachtet, alle Eigenschaften der einzelnen beachtend.

Wenn hier Kritik an der Auswertung aktualistischer Betrachtungsweise in der heutigen Zeit geübt wurde, so sollte damit keineswegs eine Abkehr von dem Grundsatz des Aktualismus empfohlen werden. Es war nur notwendig, einmal auf einige Auswüchse hinzuweisen und dann zu zeigen, wie man schon nach den angedeuteten Richtungen hin den Grundsatz des Aktualismus viel vorsichtiger, als in der letzten Zeit, anzuwenden hat. Es handelt sich eben um eine aktualistisch eingestellte Arbeitsrichtung, die weder nach ihrem Begründer, noch nach ihren Befürwortern Gesetz ist, an deren Stelle wir auch nichts anderes setzen wollen.

Der Grundsatz des Aktualismus wird auch in der sich aus den weiteren Forschungen ergebenden verfeinerten Gestalt noch lange eine wichtige Arbeitsgrundlage der Geologie bleiben!

Z u s a m m e n f a s s u n g.

KARL ERNST ADOLF VON HOFF führte den Grundsatz des Aktualismus in die geologische Betrachtungsweise ein, nicht CHARLES LYELL. Von einem Gesetz des Aktualismus darf nicht gesprochen werden.

Die aktualistische Methode ist so Allgemeingut geologischer Forschung geworden, daß die meisten Benützer nicht über deren Geltungsbereich nachdenken.

Mancherlei ausgesprochene Bedenken gegen die allgemeine Gültigkeit des Grundsatzes des Aktualismus haben nicht die ihnen zukommende Auswirkung gehabt.

Es wird die pflanzenleere Erde, z. T. im Anschluß an ähnliche Ausführungen von JOH. WALTHER, mit den heutigen Zuständen, beiderseits aber nur in feuchten, humiden Gebieten, verglichen. Der Wasserkreislauf in jenen früheren Zeiten der Erdgeschichte ist grundverschieden von den heutigen Zuständen. Rascher, stürmischer Ablauf zeigte sich. Deflation der feinen Zerstäubungsprodukte meist nur physikalischer Verwitterung herrschte vor. Die chemischen Verwitterungsvorgänge waren aber ganz besonders dadurch beeinflußt, daß die organischen Substanzen fehlten. Hierbei spielte das Fehlen der Humuskolloide in jenen früheren Zeiten der Erdgeschichte eine besondere Rolle. Das bedingt eine völlige Änderung gegenüber den heutigen Zuständen. Nicht nur die genetische Erklärung der einzelnen paläozoischen und präpaläozoischen Sedimente, sondern auch der alten sedimentären Erzlagerstätten und der kristallinen Schiefer wird dadurch beeinflußt.

Ein jedes Gestein hat sich nicht zu jeder Zeit der Erdgeschichte gebildet.

S c h r i f t e n v e r z e i c h n i s.

Es können hier selbstverständlich nicht alle die Arbeiten angeführt werden, in denen Beiträge zur Frage der Anwendung des Grundsatzes des Aktualismus in bejahendem oder verneinendem Sinne gegeben sind. Es kann nur eine Auslese gegeben werden. Hauptsächlich wurden die Schriften aufgeführt, auf die in dem Vortrage Bezug genommen wurde.

ANDRÉE, K.: KARL ERNST ADOLF VON HOFF als Schriftgelehrter und die Begründung der modernen Geologie. (Zugleich ein Wort über den Geltungs-

- bereich der Aktualitätslehre). — Schriften Kgl. Deutsch. Ges. Königsberg Pr. 1930. Heft 4. 28 S. (Darin zahlreiche Literaturangaben.)
- BLANCK, E.: Handbuch der Bodenlehre, Band 1—7 (soweit bis jetzt erschienen), Berlin 1929—1931. (Enthält sehr viele für die erörterten Fragen wichtige Angaben.)
- CLARKE, F. W.: The Data of geochemistry, 5. ed. — U. S. Geol. Surv., Bull. 770. Washington 1924.
- DACQUE, E.: Die Erdzeitalter, München und Berlin 1930. Enthält manche kritische Bemerkung über die Anwendung der aktualistischen Lehre.
- v. FREYBERG, B.: Ein System der Verwitterungs- und sedimentären Lagerstätten. Jb. Hallesch. Verb. Erforsch. mitteldeutsch. Bodenschätze, 6. N. F., 105—107.
- GROUT, F. F.: Relation of texture and composition of clays. — Bull. Geol. Soc. Amer. 36. 393—416. 1925.
- HADDING, A.: The first rains and their geological significance. — Geol. Fören. Stockholm Förhandl. 51. 19—29. 1929.
- HARRASSOWITZ, H.: Verwitterungslagerstätten — Z. prakt. Geol. 24. 127—136. 1916. — Fossile Verwitterungsdecken. In E. BLANCK, Handbuch der Bodenlehre, Band 4, Berlin 1930.
- VON HOFF, K. E. A.: Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche. Gotha, Perthes. Bd. 1, 1822, Bd. 2, 1824, Bd. 3, 1834, Bd. 4, 1840, Bd. 5, 1841. Bd. 4 u. 5 besorgt von H. BERGHAUS.
- KAISER, ERICH: Die Diamantenwüste Südwestafrikas. Berlin 1926. 2 Bände. — Surface Geology in Arid Climates. — Trans. geol. soc. S. Africa 30. 121 bis 131. Johannesburg 1927.
- KAYSER, EMANUEL: Lehrbuch der allgemeinen Geologie. 6. Aufl. Stuttgart 1921.
- KOBER, L.: Lehrbuch der Geologie. Wien 1923. — Der Bau der Erde, eine Einführung in die Geotektonik. 2. Aufl. Berlin 1928.
- LAKE, P.: The centenary of LYELL's Principles of Geology. — Geol. Mag. 67, 433—436. 1930.
- LEUCHS, K.: Zentralasien. — Handb. d. region. Geol. 5, 7. Abt. Heidelberg 1916.
- LINCK, G.: Der Chemismus der tonigen Sedimente. — Geol. Rundsch. 4, 289 bis 311. 1913.
- NIGGLI, P.: Lehrbuch der Mineralogie, 1. Aufl., Berlin 1920. (Wegen der Systematik der sedimentären Lagerstätten angeführt.)
- REICH, OTTO: KARL ERNST ADOLF VON HOFF, Der Bahnbrecher moderner Geologie. Eine wissenschaftliche Biographie. — Leipzig, Veit & Co., 1905. 144 S. Mit einem Verzeichnis der Schriften von HOFF's.
- SALOMON, W.: Die Definitionen von Grauwacke, Arkose und Ton. — Geol. Rundsch. 6. 398—404. 1915. — Grundzüge der Geologie. Bd. 1. Stuttgart 1924. Bd. 2. Stuttgart 1926. — Die Intensitäten alluvialer und diluvialer Vorgänge und ihre Einwirkung auf die pliozäne Rumpffläche des Kraichgaues und des Odenwaldes. — Sitzber. Heidelberger Ak. Wiss., math.-naturw. Kl. Abt. A. 1924. Nr. 3. 1—28. Tritt für eine vorsichtige Anwendung des Aktualismus ein. — Gibt es Gesteine, die für bestimmte Erdperioden charakteristisch sind? — Sitzber. Heidelberger Ak. Wiss., math.-naturw. Kl., 9. Abh. 1926.
- SCHNEIDERHÖHN, H.: Die Grundlagen einer genetischen Systematik der Mineralagerstätten. — Senckenbergiana, 1, 194—212. 1919. — Schichtige Erzlagerstätten von strittiger Entstehung. — Geol. Rundschau 14, 60—68. 1923. — Lagerstättenkunde auf geochemischer Grundlage. — Glückauf, 16 S. 1926.
- VERNADSKY, W. J.: Geochemie in ausgewählten Kapiteln. Autorisierte Übersetzung aus dem Russischen von E. KORDES. Leipzig 1930. 370 S.
- WALTHER, JOH.: Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. Beobachtungen über die Bildung der Gesteine und ihrer organischen Einschlüsse. Jena, 1893/94. Hierin besonders der 3. Teil: Lithogenesis der Gegenwart. Beobachtungen über die Bildung der Gesteine an der heutigen Erdoberfläche. Das Werk ist gewidmet: „Zum Gedächtnis an den Verfasser der „Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche“ KARL ERNST ADOLF VON HOFF, geb. 1771, gest. 1837.“ — Über algonkische Sedimente. — Diese Z. 61, 283—305. 1909. — Das Gesetz der Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit. 4. Aufl., Leipzig 1924.