



Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt.

Bericht vom 1. November 1917.

Inhalt: Eingesendete Mitteilung: O. Ampferer: Ueber die Bildung von Großfalten. — Literaturnotiz: F. Katzer.

NB. Die Autoren sind für den Inhalt ihrer Mitteilungen verantwortlich.

Eingesendete Mitteilung.

O. Ampferer. Ueber die Bildung von Großfalten.

Kurz vor Beginn des Weltkrieges ist in Leiden ein Werk des holländischen Bergingenieurs E. C. Abendanon über die Großfalten der Erdrinde erschienen, zu dem Prof. Dr. K. Oestreich eine Vorrede geschrieben hat.

Unter „Großfalten“ versteht Abendanon so ziemlich dasselbe, was bisher in Geologie und Geomorphologie als epigenetische, kontinentale oder säkulare Bewegungen oder als „Verbiegungen“ der Erdoberfläche bezeichnet wurde, also Falten mit sehr großen, gegen den Mittelpunkt der Erde gerichteten Krümmungsradien. Für die Entstehung dieser Großfalten ist nach Abendanon in der geologischen Literatur bisher keine ausreichende Erklärung vorhanden.

Nach einer größtenteils sehr berechtigten Kritik an den tektonischen Grundvorstellungen von E. Sueß und F. v. Richthofen kommt er zu dem Schlusse, daß der Begriff des „Tangentialschubes“ gänzlich aus der tektonischen Wissenschaft zu verschwinden habe.

Den Ausgangspunkt für die Begründung seiner eigenen Ueberlegungen bildet die Theorie der Abkühlung und Einschrumpfung des Erdkerns. Als bewegende Kraft kommt nur die Schwerkraft in Betracht, welche, wenn sich die Erdrinde für den verkleinerten Kern als zu geräumig erweist, die entstandene potentielle Energie in kinetische umzuwandeln strebt.

Wäre die Erdrinde vollkommen gleichartig und würden alle ihre Teile gleichzeitig gegen innen drängen, so würde nach der Meinung von Abendanon keine Veränderung eintreten.

Da wir nun aber vielfach Faltungen und Verbiegungen wahrnehmen, so folgert er daraus, daß die Erdrinde keine gleichmäßige Zusammensetzung hat, sondern die größeren, stärkeren und schwereren Blöcke bei der zentripetalen Bewegung voraneilen, während die

kleineren, schwächeren und leichteren zurückbleiben und überdies relativ oder sogar absolut zentrifugal hinausgepreßt werden.

In diesem Stadium muß die Oberfläche eines Himmelskörpers so aussehen, daß der größere Teil derselben zentripetaler als der kleinere gelegen ist.

Diese Verteilung zeigt uns auf der Erde auch das zwar zufällige Niveau des Meeres an, weil dasselbe ungefähr in der Mitte von den höchsten und tiefsten Stellen der Erdoberfläche verläuft.

Die Erdrindenteile unter den Ozeanen sind als die zentripetalen Vorgänger, die Kontinente dagegen als die zentrifugal hinausgedrängten Nachzügler zu betrachten.

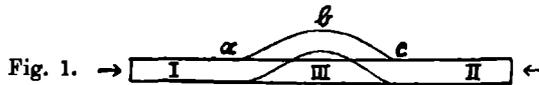
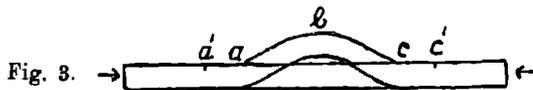
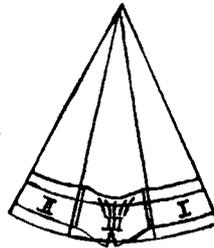


Fig. 2.



Die Dynamik der Erdrinde muß nach *Abendanon* infolge des zentripetalen Strebens aller gegen einander andringenden Blöcke in der Tiefe eine von Druck sein, welcher Druck Abnahme des Volumens herbeizuführen sucht. Als Reaktion, da doch zentrifugale Ausweichung ungeachtet der Schwerkraft stets möglich bleibt, wird in den Auswölbungsteilen der Erdrinde eine Dynamik von Zug entstehen, welche in den äußersten Teilen Zunahme des Volumens zu verursachen strebt.

Die Aufwölbungen bilden die Großfalten der Erdrinde. Die durch die Zugspannungen in ihnen hervorgerufene Erscheinung wird von *Abendanon* als „Distraction“ benannt.

Dieses jedenfalls außerordentlich einfache Prinzip des Großfaltenmechanismus sucht *Abendanon* mit den beiliegenden Fig. 1, 2 zu erläutern.

In Fig. 1 ist a , b , c länger als die gerade Linie a , c und deshalb soll sie nach der Ansicht von *Abendanon* Distractionsercheinungen voraussetzen lassen.

In Fig. 2 bezeichnen I und II zwei Blöcke der Erdrinde, welche durch ihre zentripetale Bewegung Teil III hinausdrängen, wie im

allgemeinen die Landmassive zwischen den Ozeanen herausgehoben werden.

Nach Abendanon soll es deutlich sein, wie in den tieferen Zonen von Teil III Druck auftreten muß und in den äußeren Zonen Zug. Wir haben also in Teil III eine obere Zugzone von einer unteren Druckzone zu unterscheiden. Natürlich kann Teil III unmöglich zentripetal ausweichen.

Beide Figuren und die damit gegebenen mechanischen Erklärungen sind unrichtig.

In Fig. 1 behauptet Abendanon die gekrümmte Linie a, b, c sei länger als a, c . Nun ist aber doch die gekrümmte Linie a, b, c nicht durch Verbiegung von a, c , sondern durch seitlichen Zusammenschub, also vielleicht aus Verbiegung der Strecke a', c' (Fig. 3) entstanden.

Es ist also aus dieser Zeichnung nicht möglich, auf eine Distraction, also auf eine Dehnung der Strecke a, b, c zu schließen.

In Fig. 2 machen sich in erster Linie einmal die wohl unmöglichen Größenverhältnisse der Erdrindenteile gegenüber dem Erddurchmesser bemerkbar. Nach dieser Zeichnung nimmt Abendanon eine Dicke seiner Erdrinde zu mehr als 1000 *km* an.

Das ist gegen jede Erfahrung über die Gesteinsfestigkeiten und man wird bis zur Plastizität nicht mehr als 20 *km* in Rechnung setzen können. Damit verändert sich aber das Bild dieses Vorganges in sehr wesentlicher Weise. Wir haben dann, wenn wir z. B. die skandinavische Verbiegung als die wohl am besten bekannte heranziehen, für einen Durchmesser der verbogenen Erdscholle von zirka 1500—2000 *km* eine Dicke von etwa 20 *km* und eine Verbiegung von etwas mehr als $\frac{1}{4}$ *km*. Ich benütze für diese Angaben die Darstellung von J. J. Sederholm vom Jahre 1911. (*Extension de la mer vers la fin de l'époque glaciaire. Bull. com. géol. de Finlande.*)

Faßt man diese Dimensionierungen ins Auge, so erkennt man, daß selbst eine Glasplatte bei so geringen Verbiegungen nicht zerspringen würde. Dabei ist ja zu beachten, daß es sich nicht um Verbiegung einer zuerst ebenen Platte, sondern eines Geoidausschnittes handelt, dessen vorhandene Krümmung nur um eine Spur vermehrt wird. Auch eine Verstärkung der Ausbiegung auf einen oder mehrere Kilometer bringt keine wesentliche Veränderung hervor, da diese Größe noch immer gegen die anderen Verhältnisse verschwindend bleibt.

Abendanon stellt sich vor, daß trotz so außerordentlich geringer Verbiegung in ihrem Scheitel klaffende Risse entstehen. Nun haben die Bereiche dieser Verbiegungen wohl in den meisten Fällen annähernd kreisförmigen oder ovalen Umriß. Was aber für eine Richtung gilt, muß auch für die anderen zu Recht bestehen.

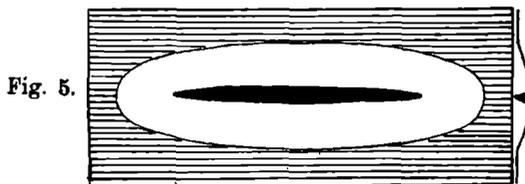
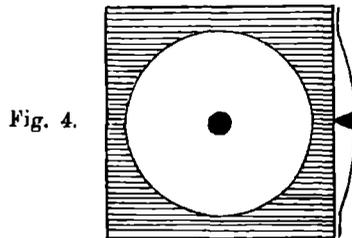
Wenn wir uns also eine Aufwölbung von ungefähr kreisförmiger Gestalt, wie sie zum Beispiel die skandinavische zeigt, vergegenwärtigen, so könnte eine solche Aufreißung nur entweder die Form eines Trichters im Mittelpunkt derselben oder von einem oder mehreren darum konzentrischen Kreisen annehmen.

Fig. 4 gibt im Schema diese Anordnung wieder.

Bei kreisförmiger Aufwölbung haben wir in allen zentrischen Querschnitten denselben Betrag von Verbiegung.

Wenn der Umriß einer Aufwölbung langgestreckt wird, Fig. 5, so entspricht den verschiedenen langen zentrischen Querschnitten durch den gemeinsamen Scheitel ein verschiedener Verbiegungsbetrag. Dem längsten Durchmesser kommt die geringste, dem kürzesten die größte Verbiegung zu.

Hier würde eine Aufreißung nicht mehr die Form eines runden, sondern die eines entsprechend lang gestreckten Trichters annehmen müssen. Jedenfalls sehen wir aus dieser Ueberlegung, daß die Form der Aufreißung eine Abbildung der Form der ganzen Aufwölbung darstellt und daher die Entstehung von weit hinstreichenden geraden Rissen nicht auf diese Weise zu deuten ist.



Die Bildung von Zerreißen hängt aber nicht nur von dem Ausmaß der Verbiegung, sondern auch von dem Gesteinsmaterial, von dessen Schichtung, seiner früheren Faltung, von der Festigkeit, von dem Ausmaß der Zertrümmerung . ab.

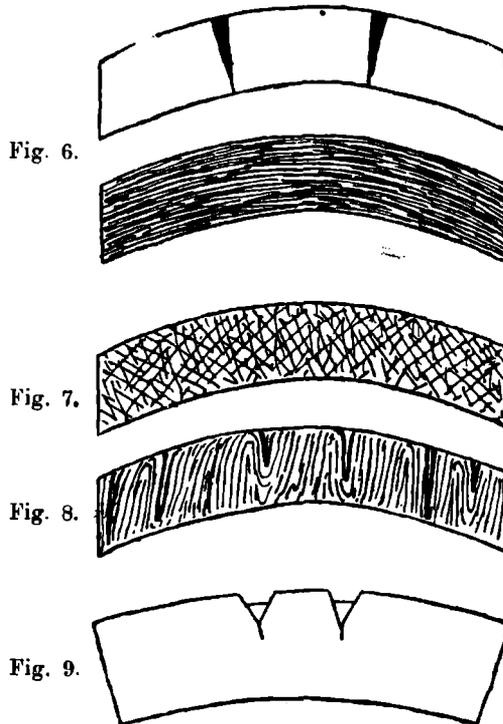
Die Zugfestigkeit der verschiedenen Gesteine ist verschieden. Einen größeren Einfluß aber dürfte noch die Schichtung bei dem Vorgang der Biegung auf das Eintreten der Zerreißen ausüben.

Dickbankige Schichten werden bei derselben Verbiegung viel stärkere Zerreißen als dünn-schichtige aufweisen. (Fig. 6.)

Geschlossene unzerbrochene Gesteinsmassen werden bei gleicher Verbiegung ihre Sprünge deutlich erkennen lassen, während mylonitische Gesteinsmassen bei demselben Vorgang die Zerreißen mit ihren schon vorhandenen Sprungnetzen befriedigen und so äußerlich wenig erkennbare Veränderungen aufweisen. (Fig. 7.)

Sehr wichtig ist des weiteren die Lage der Schichtung zu der Verbiegung.

Hier wird die Wirkung der Verbiegung auf eine mit ihr parallele Schichtung am stärksten und auf eine zu ihr senkrechte am geringsten sein. Dieser letztere Fall ist besonders bei den intensiv gefalteten Schichten alter kristalliner Schiefer zu erwarten, wo man vergebens größere einheitliche Zerreißen von einer weitgespannten Aufwölbung erwarten wird, da sich die Wirkung auf unzählige kleine schon vorhandene Schichtfugen verteilt. (Fig. 8.)



Wenn man sich vergegenwärtigt, wie die meisten der uns zugänglichen Gesteinsmassen von unzähligen verheilten und offenen Klüften in allen Richtungen durchzogen sind, so daß wir in gewisser Hinsicht überhaupt nur „tektonische Breccien“ (Fig. 7) vor uns haben, so wird man ein Auftreten von klaffenden Rissen infolge von epirogenetischen Verbiegungen für sehr unwahrscheinlich halten.

Von dem Auftreten von Zerreißen bis zur Ausbildung von Grabenbrüchen . . . ist aber neuerdings ein recht weiter Weg.

Abendanon stellt sich diesen Vorgang, wie die beistehende Fig. 9 ergibt, wieder außerordentlich einfach vor. In der von ihm angenommenen Aufwölbung sollen keilförmig sich schneidende Spalten entstehen. Bei der weiteren Wölbung treten diese Spalten nun weiter auseinander und die dazwischen befindlichen Gesteinskeile sinken in die Tiefe.

Die notwendige Voraussetzung für das Funktionieren dieses Apparats ist eine sehr kräftige Verbiegung und das Auftreten von offenen großen Spalten, die sich vereinigen.

Bei dem Aufreißen einer einzelnen Spalte oder bei der Bildung von mehreren, aber getrennten Spalten kann sich die von Abendanon hier vorgeführte Einsenkung nicht entwickeln.

Es ist also schon von vornherein nur ein Ausnahmefall, auf den sich die Annahme von Abendanon stützt. Bei den hier betrachteten außerordentlich geringen Verbiegungen wird aber in den meisten Fällen, wenn es überhaupt zur Bildung von offenen Klüften kommen sollte, eine Spalte allein schon zur Lösung der übergroßen Zuspannung genügend sein.

Wenn aber mehrere benachbarte Spalten aufreißen, so werden diese der geringen Verbiegung entsprechend auch annähernd parallel in die Tiefe setzen. Die Bildung von derart stark konvergierenden Spalten, wie sie die Zeichnung von Abendanon vorführt, ist bei geringfügigen Verbiegungen gewiß ausgeschlossen.

Eine Erklärung der Grabenbrüche mit Hilfe dieser Mechanik scheint mir sehr unwahrscheinlich. Für die Erklärung der Einsenkung von verhältnismäßig sehr schmalen Gesteinsstreifen hat man vor allem zu beachten, daß die Reibung an den Seitenwänden bei konvergierenden und auch noch bei parallelen Gleitflächen eine sehr große ist.

Erst divergierende Gleitflächen setzen einer Abwärtsbewegung wenig Widerstand entgegen.

Die Einleitung einer energischen Abwärtsbewegung hat aber zur Voraussetzung ein Weichen der tieferen Unterlage.

Das kann natürlich auf sehr verschiedene Weise zustande kommen.

Wenn einmal ein solches Zurückweichen der Unterlage eintritt, so entsteht die Frage, wie sich nun die Abwärtsbewegung der darüber lastenden Schichten vollzieht. Der unwahrscheinlichste Fall ist der, daß die senkrecht darüber befindlichen Schichten als ein lotrechter Pfropfen wie der Kolben in einem Rohre nachsinken.

Vielmehr ist zu überlegen, ob sich die Wirkung eines Zurücksinkens der Unterlage nach oben verbreitert oder verschmälert. (Fig. 10.)

Hier spielt nun wieder die Materialbeschaffenheit, die Schichtung, Zerklüftung, eine sehr wichtige Rolle.

Von lose beweglichen Massen ist bekannt, daß sich ihr Einsturztrichter nach oben erweitert. Dies dürfte aber bei den hier in Betracht kommenden Massen wohl nur in geringem Ausmaße und nur ganz an der Oberfläche möglich sein.

Nehmen wir zum Beispiel ein Gebiet von horizontal lagernden Schichten über dem weichenden Untergrunde an, so spricht manches dafür, daß die Form des Einbruches sich etwas gegen oben verschmälert. Eine starke Verschmälerung oder ein völliger Abschluß dürfte aber nur unter besonders günstigen Umständen zustande kommen, letzteres wohl nur in der Nähe der Oberfläche, wenn die hier noch vorhandene Gesteinsdecke sich frei zu tragen vermag.

Es braucht keine weiteren Ausführungen, daß diese Erscheinungen nur bei verhältnismäßig schmalen und tiefen Einbrüchen auftreten werden. Bei breiten Einsenkungen tritt die Abhängigkeit von der Form der Seitenwände mehr in den Hintergrund. Im Gegensatz dazu wird es eine Schmalheit des senkrechten Einbruches geben, die auch bei großer Tiefe infolge der zu großen Reibung nicht mehr bewegungsfähig ist. Nähere Angaben über diese Erscheinungen sind erst durch geeignete Experimente zu gewinnen.

Die Einwendungen, welche ich hier ganz im allgemeinen gegen diese Hypothese von Abendanon erhoben habe, lassen sich kurz in folgenden Sätzen zusammenfassen. In seinen Zeichnungen ist die Dicke der Erdrinde und das Ausmaß der Verbiegungen weit über jede Wahrscheinlichkeit vergrößert.

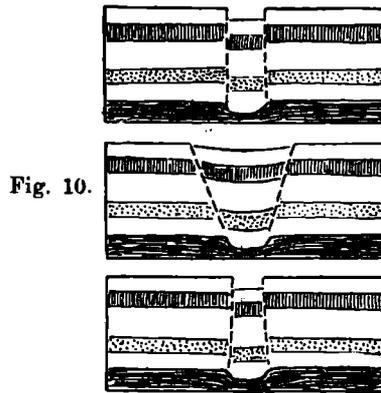


Fig. 10.

Die bei den epirogenetischen Bewegungen auftretenden Verbiegungen sind derart sanft, daß das Entstehen von klaffenden Aufreißungen im Scheitel außerordentlich unwahrscheinlich ist.

Der Verlauf der von Abendanon mit solchen Aufwölbungen genetisch verbundenen Spalten zeigt nicht jene strenge Abhängigkeit von der Form der Aufwölbung, die sie bei dieser Entstehung besitzen müßten.

Seine Erklärung der an kreuzenden Spalten stattfindenden Einbrüche hat nur bei sehr kräftigen Verbiegungen und einer sicher selten zutreffenden Spaltenanordnung Gültigkeit.

Zur Erläuterung der hier besprochenen Dynamik führt nun Abendanon in seinem Werke Beispiele von Großfalten aus verschiedenen Erdteilen vor.

Als Gebiete solcher Großfalten beschreibt er im Niederländisch-Ostindischen Archipel Zentral-Celebes, Timor, Sumatra, in Europa das südwestliche Deutschland mit der „Fossa Rhenana“, die Alpen, Skandinavien, Schottland, die Balkanhalbinsel.

In Asien werden die Antiklinalflexur von Nanto, die Großfalten von Japan, von Formosa, von Korea, jene des Großen Khingan und des Jablonoi erwähnt.

Aus Afrika werden angeführt die Großfalten von Madagaskar, die Großfalten von Ostafrika und dem Roten Meer.

Aus Amerika stellt er die Großfalten des St. Laurent, dann die westlichen Großfalten von Nordamerika dar. Bei der Besprechung der Großfalte der Alpen kommt er zur Ansicht, „daß die Längstäler derselben sowie die großen Seen ihre Anlage den Distraktionsrissen dieser postpliocänen Aufwölbung verdanken“.

Es ist nicht meine Absicht, näher auf diese Darstellungen einzugehen, die übrigens zum größten Teil nur aus der Aufzählung von Zitaten aus vielen geologischen Arbeiten bestehen. Auf eigene Beobachtungen stützt sich *Abendanon* lediglich bei der Beschreibung der Großfalten von Zentral-Celebes und China.

Aber mit der Erklärung seines Großfaltenmechanismus glaubt *Abendanon* auch noch andere große geologische Probleme gleichzeitig gelöst zu haben.

Wie wir schon gesehen haben, unterscheidet er in seinen zentrifugal herausgepreßten Erdrindenteilen (Fig. 2) eine obere Zone der Auflockerung und Volumvergrößerung von einer unteren der Zusammenpressung und Volumverkleinerung. In dieser unteren Pressungszone werden die Gesteine zu fast senkrecht stehenden kristallinen Schiefen und Gneisen in einer Art von zentrifugaler Strömung umgebildet. Hier ist der Bereich der Mineralien mit kleinstem Molekularvolumen.

Bei der Erklärung der Entstehung der Faltengebirge schließt er sich der Gleittheorie von *Reyer* an, nur gibt ihm wieder die Aufwölbung der Großfalte das dazu nötige Gefälle für seitliche Abwärtschungen. Die Erdbeben sind an die Zonen der Zerreißen in den Aufwölbungen und die dort stattfindenden Einsenkungen geknüpft.

Das Auftreten des Vulkanismus folgt den antiklinalen Streifen der Großfalten. Hier findet ein zentrifugales Auspressen von Magma durch die synklinalen Blöcke gegen die antiklinalen Streifen statt.

Aus den früher vorgelegten Gründen halte ich diesen ganzen Mechanismus der Großfaltenbildung für innerlich unwahrscheinlich.

Aehnlich wie bei der alten Kontraktionslehre wird auch von *Abendanon* das Hauptgewicht auf Verschiedenheiten der äußeren Erdrinde gelegt. Es ist aber bisher nicht gelungen, solche Verschiedenheiten zum Beispiel zwischen den angeblich stärkeren ungefalteten und den schwächeren gefalteten Zonen aufzudecken,

Seit mehr als einem Dezennium habe ich in bewußtem Gegensatz zu dieser Anschauung das Hauptgewicht in Verschiedenheiten, Unregelmäßigkeiten der tieferen Erdzonen verlegt.

Nach meiner Ansicht sind auf alle Fälle die tieferen heißeren Erdzonen die lebendigeren, veränderlicheren als die kälteren starren äußersten Zonen.

Die starren Außenzonen werden durch die tieferen Zonen in Bewegung versetzt und bilden diese Bewegungen in gewissem Sinne ab.

Die Erdoberfläche selbst aber ist die Hauptstätte der Gesteinsvermischungen.

Nirgends sonst ist eine solche Möglichkeit zu den ausgedehntesten Vermischungen als hier gegeben. Alle geschichteten Gesteine sind Produkte dieser mächtigen Oberflächenarbeit.

Auch aus diesem Grunde müssen im Bereiche des äußeren Schichtenmantels der Erde die ursprünglich vorhandenen Unterschiede der Gesteinsmassen außerordentlich vermengt und daher vermindert sein. Des weiteren wird durch die im Verhältnis zur Erdgröße und zum Druck in der Erdkugelschale sehr geringe Gesteinsfestigkeit, der Selbständigkeit der Erdrinde und ihrer Teile eine recht enge Grenze gesetzt. Die Erdrinde schwimmt auf ihrer Unterlage. Aus diesem Grunde habe ich seinerzeit die Bezeichnung Erdhaut für Erdrinde gewählt.

Für die Weiterleitung des Druckes kommt die geringe Festigkeit in ganz besonderer Weise in Betracht. Ebenso wichtig für die Beurteilung der orogenetischen und epirogenetischen Bewegungen und ihres Ablaufes ist die ständige Betrachtung dieser Vorgänge im Rahmen der Erdkugelschale, aus dem sie sich nun einmal nicht heraustösen lassen.

Literaturnotiz.

F. Katzer. Das Bauxitvorkommen von Domanović in der Herzegowina. Zeitschr. f. prakt. Geologie 1917. Heft 8.

Vorliegende Mitteilung liefert einen wichtigen Beitrag zu der im Zusammenhange mit der jetzt im Vordergrund des Interesses stehenden Lateritfrage gleichfalls viel erörterten Frage nach der Entstehung der Bauxite. Es wird auch hier gegen die von Kispatic versuchte Deutung der ostadriatischen Bauxite als fossiler Roterden der Einwand erhoben, daß die Lösungsrückstände der Karstkalke vorwiegend Alumohydrosilikate sein müßten, während die Bauxite Tonerdehydrate sind. Während Ref. jedoch bei ausdrücklichem Hinweise auf die aus dem eben genannten Grunde und auch noch aus einem anderen Grunde sich ergebende Unzulänglichkeit der Kispatic'schen Hypothese nach ihrer chemischen Seite hin, in Uebereinstimmung mit Schubert zeigen konnte, daß das Verhalten der Bauxite in Dalmatien für jene Hypothese eine geologische Stütze bildet, kommt Verf. auf Grund seiner Untersuchungen an den bosnischen und herzegowinischen Bauxiten zu dem Schlusse, daß die Roterdenatur dieser Erze — zumindest in der von Kispatic angenommenen allgemeinen Gültigkeit — auch vom geologischen Standpunkte aus abzulehnen sei. Nach des Verfassers Ansicht stellt ein großer Teil der Bauxitvorkommen Bosniens und der Herzegowina gleichaltrige Einlagerungen in marinen Schichttreiben dar.

Es gilt dies bezüglich der triadischen Bauxite, welche — gleich denen Kroatiens — mit faziellen Aenderungen innerhalb der Wengener- und Raibler-Schichtfolge, nicht aber mit einer Unterbrechung der marinen Sedimentation in Beziehung stehen. Es gilt ferner für die alttertiären Aluminiumerze der beiden erstgenannten Länder, welche einer ufernahen feinschlammigen Einschwemmung in ein seichtes Meer des mittleren Eocäns entsprechen. Verf. hält aber ein Gebundensein von Bauxiten an Schichtlücken auch für möglich und Ref. wäre auch nicht geneigt, für sein dalmatinisches Aufnahmegebiet auf die Annahme einer obertriadischen und einer obermitteleocänen Festlandsperiode, in welche die Hauptentwicklung der dalmatischen Bauxite fällt, zu verzichten.