

fassen, während andere, namentlich auch die granophyrischen Verwachsungen<sup>24</sup>, nach Art der Kongadiabase als magmatische Ausscheidungen gedeutet werden. Dem Verf. scheint hier in der Tat ein Zusammenhang zu bestehen und es wird hier besonders deshalb darauf hingewiesen, weil der Verf. auch in zwei Doleriten vom Taufstein und dem Hohen Rain in der Breitfirst analoge Bildungen von Feldspat und Quarz im Viridit gefunden hat, indem zugleich bei dem sonst noch frischen Gestein sowohl der Olivin wie die „Grundmasse“ in „Viridit“ ungewandelt ist. Ein neuer Beweis für die Identität der Dolerite mit den Diabasen.

### Sind Hypothesen über Polverschiebungen unentbehrlich?

Von Ernst Sommerfeldt in Aachen.

#### 1. Trennung der verschiedenen Arten von Hypothesen.

Es liegt nahe zwischen folgenden zwei Arten von Änderungen der Erdachse zu unterscheiden: 1. Änderungen, bei denen sich nur der Winkel zwischen Erdachse und Ekliptik ändert, während sich relativ zur Erdoberfläche die Erdachse überhaupt nicht ändert. Es ist sehr zutreffend, diese Änderungen als „Aufrichtung“ gegen die Erdbahn zu bezeichnen, wenn der Winkel zwischen Erdachse und Ekliptik sich vergrößert. Im entgegengesetzten Fall, also bei Verkleinerung dieses Winkels könnte von einer „Abwärtsrichtung“ der Erdachse gesprochen werden. 2. Änderungen, bei denen wirkliche Polverschiebungen erfolgen, so daß derjenige Punkt der Erde, welcher vor der Änderung Nordpol war, nicht mehr nach der Änderung Nordpol ist, sondern z. B. nach Petersburg oder Berlin gerückt sein mag.

Die Fälle 1 und 2 sind selbstverständlich kosmisch total verschieden, daher ist es keine präzise Ausdrucksweise, wenn z. B. KAYSER in seinem Lehrbuch der allgem. Geologie (3. Aufl. p. 80) sagt: „Wir möchten glauben, daß die Vorstellung von einer Polverschiebung schon deshalb schwer zu umgehen sein wird, weil ohne sie die ungeheure Wärmeausstrahlung der Polarnacht ein kamm zu überwindendes Hindernis für die Entwicklung solcher Baumfloren sein würde, wie wir sie im Tertiär Grönlands und Spitzbergens antreffen.“ Nun wird aber durch eine völlige Aufrichtung der Erdachse die Polarnacht überhaupt aufgehoben, während Polverschiebungen im eigentlichen Sinne des Wortes durch die Aufrichtung nicht bewirkt werden, sondern nur eine Verkleinerung des Polargebietes, so daß bei Erreichung der senkrechten Lage von Erdachse relativ zu Ekliptik das Polargebiet sich auf Null

<sup>24</sup> F. HEINECK, l. c. p. 90.

reduziert. Ebensogut ist es denkbar, daß durch eine „Abwärtsrichtung“ der Erdachse die Kalotte der Polarnacht stark vergrößert, die Entwicklung von Baumflora also gehemmt wird, ohne daß ein Wandern der Pole auf der Erdoberfläche stattfindet.

Um diese wichtige Möglichkeit der Vegetationsänderung ohne Verschiebung der geographischen Breiten zu betonen, will ich den Fall 1 geradezu als Erdachsenschwankung ohne Polverschiebung und den Fall 2 geradezu als Erdachsenschwankung mit Polverschiebung bezeichnen.

Nunmehr entsteht die wichtige Frage, ob vielleicht Erdachsenschwankungen ohne Polverschiebungen hinreichend sind, um die klimatologischen Paradoxen der Geologie zu erklären, ob nicht die Annahme von Polwanderungen auf der Erde durch diese einfachere Hypothese überflüssig sind.

Diese Paradoxen bestehen teils in einem Übermaß von Wärme in den Polargegenden während gewisser geologischer Perioden, teils in einem Minus von Wärme in den Äquatorialgegenden zu gewissen Zeiten. Nun kann zwar — wie unser Beispiel zeigte — jenes scheinbare Übermaß durch Erdachsenschwankungen ohne Polverschiebung erklärt werden, nicht aber ein Minus von Wärme in den Tropen.

Daher läuft unsere Frage im wesentlichen darauf hinaus: Genügen rein meteorologische Faktoren dazu, um das Klima der Vorwelt nahe den Tropen zu erklären? Hierbei braucht nur auf die Arbeit E. KOKEN'S<sup>1</sup> über die indische Eiszeit des Perm hingewiesen zu werden, um die Möglichkeit zu erkennen, durch einfache Änderungen von Temperatur und Höhenlage das kalte Klima der Vorzeit in jetzt heißen Gegenden zu erklären.

Im übrigen begnüge ich mich mit dem Hinweis, daß die Frage nach den Polverschiebungen auf die genannte Frage der Paläoklimatologie sich zuspitzt, ohne auf das Für und Wider in stratigraphischen Problemen näher einzugehen, schon deshalb, um nicht dort bequeme Angriffspunkte, die das Hauptgebiet dieser Arbeit unbeeinflusst lassen, zu bieten. Es genügt mir, den „theoretischen Ballast“ in zwei Teile zu zerlegen, in einen solchen Ballast, der ebenso notwendig ist, wie der Ballast eines Schiffes, um es vor dem Umkippen zu bewahren, zweitens in den überschüssigen Ballast, der nach Belieben mitgenommen oder beiseite gelassen werden kann. Nur in Zeiten der Gefahr mag ein pflichttreuer Fährmann den ihm immerhin liebgewordenen überschüssigen Ballast über Bord werfen, nur in Zeiten der Gefahr der pflichttreue Geologe die überschüssigen Hypothesen!

In dem Fall 2, also demjenigen der Achsenschwankungen mit Polverschiebungen kann man die beiden Unterfälle trennen,

<sup>1</sup> E. KOKEN, Indisches Perm und die permische Eiszeit. N. Jahrb. f. Min. etc. Festband 1907. p. 446—546.

daß entweder die Verlegung der Erdachse der primäre Vorgang ist (2 a) oder daß eine Bewegung der äußeren Erdkruste relativ zum Erdkern stattgefunden und daß dadurch ein ursprünglich nicht am Nordpol liegender Punkt der Erdkruste über den Nordpol des Kerns gerückt wird (2 b). Während im Fall (2 a) die Erde als ein einheitliches Ganzes sich bei den Polverschiebungen verhält, kommt im Fall (2 b) die Unterscheidung von Erdkern und Erdkruste in Betracht. Macht man aber eine solche Unterscheidung, so kann man den gleichen Effekt der durch die Annahme (2 b) erzielt wird, auch durch die bisher anscheinend nicht beachtete Annahme erreichen, daß man die Erdkruste als nicht teilnehmend an der Bewegung, durch welche die Polschwankungen entstehen, betrachtet, während der Erdkern sich gedreht haben und dadurch eine Bewegung der Erdachse veranlaßt haben mag.

Diese Annahme, die wir als 2 c bezeichnen wollen, erscheint in mancher Hinsicht einfacher als die Annahme 2 b, wie später gezeigt wird.

## 2. Physikalische Ursachen der Erdachsenschwankungen.

Dem Fall 1 haben wir die Präzessionsbewegung der Erde anzugliedern; wenn wir nach den physikalischen Ursachen dieses Falles fragen, so heißt das: wir wollen nach den Ursachen für eine Veränderung der Präzessionsbewegung fragen. Denn die Richtung der Erdachse im Raum verändert sich ja der Präzessionsbewegung zufolge stetig; da aber der Winkel zwischen Ekliptik und Erdachse der Präzessionsbewegung zufolge konstant bleibt (wegen der kegelförmigen Bewegung der Erdachse), so lautet die Frage: Welche Einflüsse können den Öffnungswinkel des Präzessionskegels ändern?

Nun wird ja lediglich durch die Anziehung anderer Himmelskörper (Sonne und Mond) die Erdachse in ihrer völligen „Anfrichtung“ gehindert, so daß jene schräge Gleichgewichtslage der Erdachse resultiert, deren Folge gemäß den Gesetzen der Kreisbewegung das Entstehen des Präzessionskegels ist und zwar kommt es auf diejenige Anziehung, die auf den äquatorialen Wulst der Erde von Sonne und Mond ausgeübt wird, hierbei lediglich an.

Es mag also der Öffnungswinkel des Präzessionskegels entweder durch solche Störungen sich geändert haben, die dieser Wulst erlitten hat, d. h. der Überschuß, welcher an Erdmasse in äquatorialer Zone wegen des dort im Vergleich zu den polaren Gegenden größeren Erddurchmessers vorhanden ist (1 a) oder aber durch Störungen in der Attraktion von außen (1 b), z. B. wäre vielleicht das Annähern eines besonderen Himmelskörpers (Nebensonne) die Ursache für eine Änderung des Präzessionskegels.

Es möge anderen Arbeiten vorbehalten bleiben, diese Annahmen näher auszuspinnen; für mich genügt hier die Feststellung,

daß eine Ablenkung der Achse ohne Polverschiebung geringere Schwierigkeiten der Vorstellung bereitet als eine Achsenverschiebung mit Polverschiebung.

Denn gehen wir jetzt zur Erklärung der Erdachsenverschiebung mit Polschwankungen über, so geraten wir im Fall (2 a) in einige Verlegenheit; in den geologischen Büchern werden fast nur die stratigraphischen und Klimaänderungen als „Ursache“ hierfür angegeben, während diese Vorgänge doch nicht die Ursachen, sondern nur die Folgen der Erdachsenschwankungen sein können, die eigentlichen Ursachen müssen von geophysikalischer Art sein. Auch dürfen nicht die kleinen (etwa  $\frac{1}{2}$  Sekunde betragenden) Schwankungen der Polhöhe, welche durch astronomische Beobachtungen festgestellt sind, als Beweis angeführt werden. Diese beobachteten Schwankungen sind so klein, daß sie durch atmosphärische oder ähnliche ganz untergeordnete Einflüsse erklärbar sind und zeigen nur, daß die Erdachse eine außerordentlich konstante Mittellage gegenüber derartigen störenden Einflüssen annimmt, sie sprechen daher mehr gegen als für die großen Änderungen, welche für geologische Zwecke angenommen werden.

Um Ablenkungen der Erdachse in größerem Betrage zu erzielen, sind so enorme Kräfte notwendig, daß z. B. ARRHENIUS<sup>1</sup> zu der Folgerung gelangt, die Erdachse sei als konstant während der geologischen Perioden anzusehen.

Jedenfalls ist die Annahme (2 a) immer noch einfacher als die Annahme (2 b), denn bei 2 b und ebenso bei 2 c kommt die als außerordentlich groß voranzusetzende Reibung zwischen Erdkern und Erdhülle in Betracht; im Vergleich zu dieser sind die Kräfte, welche eine Ablenkung der Erdachse bewirken, immer noch als klein zu bezeichnen.

Falls die Polverschiebungen durch Mitwirkung von kosmischen Erscheinungen zustande kommen sollen, so ist der Fall (2 b) der am schwersten vorstellbare von allen, denn es läßt sich nicht einsehen, warum z. B. durch Attraktionswirkung eines Himmelskörpers nur die Erdkruste beeinflußt und zwar gedreht werden solle, während der Erdkern unbeeinflußt bleibe.

Der Fall (2 c) hat in dieser Hinsicht die größere Wahrscheinlichkeit verglichen mit (2 b). Denn machen wir die recht wahrscheinliche Annahme, daß im Erdinnern sich große Massen von Eisen befinden, was ja nach WIECHERT's Untersuchungen, sowie den Meteoreisenfunden zufolge sehr plausibel ist, so mag eine Anziehung dieser Massen durch einen sich nähernden Himmelskörper mittels magnetischer Kraft stattgefunden und zu einer Drehung des Erdkerns geführt haben.

Jedenfalls scheint mir diese bisher wohl übersehene Möglich-

<sup>1</sup> S. ARRHENIUS, Kosmische Physik.



keit des Falles (2 c) viel wahrscheinlicher als die Erklärung KREICHGAUER'S für den Fall 2 b. KREICHGAUER<sup>1</sup> denkt sich die Drehung der Rinde dadurch bewirkt, daß der Zentrifugalkraft zufolge die hervorragendsten Punkte der Erdrinde die Pole zu fliehen suchen und womöglich zum Äquator vordringen.

KREICHGAUER gibt zu, daß diese Kraftwirkung klein ist, aber er nimmt auf die Länge der zur Verfügung stehenden Zeit Bezug und führt als Analogon an, daß ein auf dem Boden eines Glasgefäßes befindlicher, spezifisch leichter Körper, über den Pech gegossen wird, trotz des Widerstandes des zähflüssigen Pechs schließlich doch emporsteigt. Nun ist aber dieser Fall mit dem unsrigen gar nicht vergleichbar. Die widerstehende Kraft bleibt im Falle des Auftriebs innerhalb einer zähen Flüssigkeit stets die gleiche. Die Erde hingegen strebt dem Gesetz der Trägheit zufolge einen durch Zentrifugalkraft ausweichenden Teil um so stärker zurückzuziehen, je mehr ihm die Entfernung aus der Anfangsstellung gelingt. Es ist also voranzusehen, daß, sobald der KREICHGAUER'sche Effekt auch nur in geringstem Maße stattfindet, sich ihm eine unüberwindliche Kraft entgegenstellt, welche aus der Aufrechterhaltung der Kreiselachse zufolge den Gesetzen der Trägheit folgt.

Dieses gilt, solange man sich auf tellurische Kräfte beschränkt, es mag zugegeben werden, daß bei Hinzunahme kosmischer Kräfte eine Bewegung der Erdrinde auf dem Kern verständlicher gemacht werden kann, jedoch nur durch sehr komplizierte Annahmen.

### 3. Kritik der Hypothesen über Schwankungen der Erdachsenschiefe.

Wenn ich früher von der relativen Wahrscheinlichkeit der einen Annahme vor der anderen sprach, so möchte ich nicht mißverstanden werden: ich meinte nur das relative Verhältnis allein, halte aber die Annahme von starken Schwankungen der Erdachsenschiefe überhaupt für sehr unwahrscheinlich und werde im späteren Verlauf dieser Abhandlung einen Ersatz dieser Hypothesen bieten. Im einzelnen möchte ich zunächst folgendes bemerken. Es ist ja schon von LAPLACE berechnet, daß der Neigungswinkel zwischen Erdachse und Ekliptik zwischen den Beträgen  $21\frac{1}{2}^{\circ}$  und  $27\frac{1}{2}^{\circ}$  schwankt, daß also der von uns als Fall 1 bezeichnete Effekt in diesem immerhin nicht ganz unerheblichen Maße existiert. Für unsere Breiten bedeutet diese Änderung aber nur, daß die Sommertage um 25 Minuten kürzer, die Wintertage um ebensoviel länger werden können als gegenwärtig<sup>2</sup>. An den Polarkreisen ist der Effekt ein viel größerer, aber sein Einfluß ist dort

<sup>1</sup> P. D. KREICHGAUER, Die Äquatorfrage 1902. p. 243.

<sup>2</sup> Vergl. z. B. GÜNTHER, Lehrb. d. Geophysik. 1. Aufl. I. p. 251. Auch STOCKWELL macht Angaben über diese Schwankungen.

nicht sicher nachgewiesen, denn die von LAPLACE berechneten Schwankungen sind periodisch, während eine Periodizität in dem vorzeitlichen Klima Grönlands nicht nachgewiesen ist.

Bei der Annahme von einmaligen großen Änderungen der Erdachsenschiefe bereitet bekanntlich die Forderung, daß um beide Pole in gleich großem Maße Klimaänderungen stattgefunden haben müssen, Schwierigkeiten. Diese Schwierigkeiten gelten ebenso auch für die Fälle (2 a), (2 b), (2 c).

Für die Fälle (2 a) und (2 b) gemeinsam kommt folgende, bisher anscheinend unbeobachtet gebliebene Schwierigkeit hinzu: Die Erdachse ist gleichzeitig Zentralachse des äquatorialen Wulstes, durch welchen sich die Abweichung der Erde von der Kugelgestalt ausprägt; ändert sich die Richtung der Erdachse relativ zur Erdrinde, so muß zufolge der Zentrifugalkraft dieser Wulst seine Lage zu ändern streben und sich quer zur neuen Erdachse zu stellen suchen. Hieraus folgt, daß der flüssige Teil dieses Wulstes in den Zustand äußerst großer Störung geraten und den festen Teil überfluten muß. Nun sind aber in der äquatorialen Zone große Landpartien bekannt, die seit sehr langen geologischen Perioden nicht überflutet wurden, z. B. in dem südlichen Ostindien. Dieser Widerspruch erscheint mir äußerst schwerwiegend; er gilt für den Fall (2 c) nicht in gleich starkem Maße, denn nehmen wir an, daß zufolge magnetischer Anziehung sich der Erdkern gedreht hat, so wirkte die Mittelschicht zwischen Erdrinde und Erdkern sehr stark dämpfend bei der Ausbreitung der Störungen und es mag die Zeit, während welcher der Erdkern seine neue Achsenrichtung der Erdkruste aufzwang, sehr lang gewesen sein, so daß das Wasser nicht an allen Stellen Überflutungen anzurichten brauchte, sondern sich in etwas ruhigerer Weise den neuen Zuständen anpassen konnte.

Gegen den Fall (2 b) (Polverschiebungen mit Drehungen der Erdrinde) läßt sich noch geltend machen, daß die Drehungen der Erdrinde infolge der ellipsoidischen Gestalt der Erde einen großen Widerstand erfahren müssen. Um eine Schale, welche einen Körper lückenlos umschließt, ohne Widerstand relativ zu ihm drehen zu können, muß die Schale sowie der umschlossene Körper Kugelgestalt besitzen. Diese Schwierigkeit war den Aufstellern der Hypothese (besonders KREICHGAUER) bekannt, man suchte zwei Fliegen mit einem Schlag zu schlagen, indem man die Gebirgsbildungen durch die Widerstände des äquatorialen Wulstes gegen Drehungen erklären wollte. Aber diese Gebirgstheorie hält den einfachsten Forderungen gegenüber nicht stand.

Übrigens trifft auch diese Schwierigkeit (Widerstand gegen Drehungen infolge des äquatorialen Wulstes) die Hypothese (2 c) in vermindertem Maße, denn man kann sich vorstellen, daß der magnetisch beeinflussbare Teil nicht genau parallel zur Erdober-

fläche laufe, sondern der Kugelgestalt näher komme, oder wegen der größeren Starrheit des Eisens nicht in nennenswertem Betrag zu einem Ellipsoid abgeplattet sei.

Da aber in allen Fällen die Reibung zwischen Erdkruste und Erdkern sehr beträchtlich ist, halte ich auch den Fall (2c) nicht für sonderlich wahrscheinlich.

#### 4. Anstellung eines Ersatzes für die Hypothesen über Polverschiebungen.

Wie wir sehen, ist das Hauptproblem, welches für die Polverschiebungstheorie in Betracht kommt, die Erklärung des Wärmeüberschusses in Gegenden hoher Breite während früherer Perioden (z. B. in Grönland und Spitzbergen zur Tertiärzeit). Diesen Wärmeüberschuß möchte ich erklären durch Zuhilfenahme der Wärme des Erdinnern. Hierzu sei vorbemerkt, daß mir sehr wohl bekannt ist, daß gegenwärtig für Beurteilung der thermischen Verhältnisse der Erdoberfläche das Erdinnere nicht unmittelbar in Betracht kommt und daß die vom Erdinneren zugeführte Wärme nur einen ganz geringen Bruchteil der durch Strahlung gelieferten ausmacht. Durchschnittlich mag dieses auch in früheren geologischen Epochen nicht anders gewesen sein; ich möchte aber auch nicht die unmittelbare Wärmezufuhr, welche durch Wärmeleitung bewirkt wird, zur Erklärung heranziehen, sondern die durch Vermittlung von warmen Quellen lokal erfolgende Wärmezufuhr. Jeder, der einen unwirtlichen Boden (z. B. in den Tropen) durchreist hat, weiß, wie leicht das Wasser an seinem Rande zu einem Entstehen von üppiger Vegetation Anlaß geben kann, die den übrigen Teilen des Bodens fremd bleibt. Im Norden muß warmes Wasser in ganz besonders hohem Maße diesen Effekt ausüben und da Vulkanismus und Geisyre ja auch heute noch hoch im Norden erkennbar sind, ist diese Annahme plausibel. Nun möchte ich aber der Erdwärme in den polaren Gegenden eine ganz besonders große Wirkung zuschreiben wegen folgenden Umstandes: Nehmen wir mit STÜBEL an, daß das Erdmagma in irgendeiner Periode bei (oder kurz vor) der völligen Erstarrung sich ausdehnt, so muß der erstarrende (oder doch sehr zähflüssige) Teil auf dem leichtflüssigen Magma schwimmen. Der Zentrifugalkraft zufolge aber müssen Schollen dieses erstarrenden Teils alsdann von den Polen weg und nach dem Äquator hin gedrängt werden<sup>1</sup>. An den Polen sammeln sich also vorzugsweise die relativ viel Wärme enthaltenden leichtflüssigeren Anteile, am Äquator hingegen sammeln sich

<sup>1</sup> Diese Ausbreitung bedingt nicht etwa eine Drehung der Erdachse, da sie allseitig um dieselbe erfolgt. Es gelten daher die oben gemachten Einwendungen gegen KREICHGAUER's Zentrifugaltheorie hier nicht; die frühere Behauptung bestand nur darin, daß die Zentrifugalkraft nichts ausrichten kann gegenüber den bei Verdrehung der Erdachse auftretenden Reaktionskräften.

relativ weniger Wärme besitzende feste resp. zähflüssige Teile. So kann ein Wärmebeitrag den polaren Teilen der Erde erhalten bleiben, welcher am Äquator rascher sinken muß. Natürlich wird dieser Einfluß nicht groß genug sein, um die an sich herrschende Kälte der polaren Gegenden aufzuheben, aber er kann dazu beitragen, daß warme Quellen in einem bei uns ungewohnten Betrage auftreten. Vielleicht hängt auch mit diesem Umstande die auffallende Tatsache zusammen, daß Geiser in den Tropen fehlen und heiße Quellen nicht so oft, wie man annehmen sollte, dort auftreten.

Nicht nur von der STÜBEL'schen Theorie aus, sondern auch von der Kristallisationstheorie TAMMANN's aus läßt sich der Hauptinhalt meiner Hypothese — nämlich, daß Vegetationsbildung in polaren Gegenden teilweise befördert wird durch eine im Vergleich zu der äquatorialen Zone erhöhte Wärmezufuhr vom Erdinnern aus — begründen. Nach TAMMANN können Erstarrungsprozesse im Erdinnern in einer solchen Tiefe, die dem Druck des maximalen Schmelzpunktes entspricht, stattfinden. Die Dichte des erstarrenden und flüssigen Anteils soll dort genau übereinstimmen, sobald jedoch die Kristallisation von diesem Anfangspunkt mehr nach innen zu sich ausbreitet, soll die Kristallisation unter Dilatation stattfinden (vergl. TAMMANN, Kristallisieren und Schmelzen p. 181).

Es ist ebenso wie vorher bei Besprechung der STÜBEL'schen Theorie anzunehmen, daß diese Anteile zufolge der Zentrifugalkraft nach dem Äquator an die Peripherie des flüssigen Erdkerns befördert werden<sup>1</sup>. Nach TAMMANN soll ferner dort, wo die Kristallisation von ihrem Anfangspunkt nach außen zu fortschreitet, dieselbe unter Kontraktion stattfinden. Die so entstehenden Produkte müssen, da sie schwerer als die Schmelze sind, bestrebt sein, nach dem Erdinnern zu fallen. Der Gesamteffekt besteht folglich darin, daß in den polaren Gegenden die wärmeren (d. h. noch die latente Schmelzwärme besitzenden flüssigen) Teile sich an der Peripherie des Erdkerns anreichern, während in äquatorialen sich die weniger Wärme enthaltenden (d. h. der latenten Schmelzwärme beraubten) festen Anteile in Schollen anhäufen.

Es wäre von Interesse, vergleichende Beobachtungen über die Wärme des Erdinneren in Punkten von möglichst hoher und möglichst niedriger Breite vorzunehmen. Es kann nämlich durch den genannten Effekt die Wirkung erzielt sein, daß die Schale der festen Erdhülle nahe dem Äquator wesentlich dicker, nahe den Polen wesentlich dünner ist, als man den bisherigen Beobachtungen, die meist in Gegenden mittlerer Breite angestellt wurden, zufolge vermutet.

<sup>1</sup> Man mag auch die PLATEAU'schen Versuche zur Demonstration des in Rede stehenden Effekts heranziehen, bei ihnen hat die rotierende Kugel, welche sich der Zentrifugalkraft zufolge in einen Ring ausdehnt, genau die gleiche Dichte wie das umgebende Medium.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1910

Band/Volume: [1910](#)

Autor(en)/Author(s): Sommerfeldt Ernst

Artikel/Article: [Sind Hypothesen über Polverschiebungen unentbehrlich? 684-691](#)