

Werk

Titel: I. Aufsätze und Mitteilungen

Ort: Berlin

Jahr: 1924

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?345572157_0015|log80

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

I. Aufsätze und Mitteilungen.

Altalluviale Flugsandbildungen am Niederrhein.

Von **Otto Wilckens** (Bonn).

In der Wahner Heide auf der Ostseite des Niederrheins halbwegs zwischen Bonn und Cöln liegt über einem geologisch mannigfaltigen Untergrunde eine ausgedehnte Sandablagerung. In den Erläuterungen zu Blatt Wahn der Geologischen Karte von Preußen¹⁾ schließt FLIEGEL an die Beschreibung dieser als „Decksand“²⁾ bezeichneten Bildung die Bemerkung an, daß über ihre Entstehung völlige Unklarheit herrsche.

Nach den genannten Erläuterungen ist der „Decksand“ ungeschichtet. An einigen Stellen sind ihm einzelne Gerölle eingelagert. Seine Mächtigkeit beträgt 2,5—4 m³⁾. Über seine stratigraphische Stellung wird gesagt, es erscheine nur sicher, daß er der Vertreter des auf der linken Rheinseite so verbreiteten, hier aber fehlenden Lösses sei. Er überzieht vor allem die Mittelterrasse, dann aber auch das tertiäre Hügelland und kriecht sogar weit nach Osten auf das devonische Gebirge hinauf. Er findet sich aber auch am Westfuß der Mittel- auf der Niederterrasse. „Anderseits“, schreibt nämlich FLIEGEL, „zieht sich am Fuße der Mittelterrasse auf der Niederterrasse in etwa Kilometerbreite eine Sandablagerung auf größte Strecken — weit über den Bereich unseres Blattgebietes — hin, die vielleicht richtiger auch hierher“ [d. h. zum „Decksand“] „zu stellen ist, wenngleich sie als Sand der Niederterrasse in der Karte dargestellt ist.“ Der „Decksand“ trägt viele Dünen.

Mit der Nordgrenze von Blatt Wahn hört die Bedeckung der Mittelterrasse mit Decksand plötzlich fast ganz auf. Auf dem nördlich anstoßenden Blatt „Mülheim am Rhein“ lagert er fast nur noch auf dem älteren Gebirge im Osten. Es ist zu vermuten, daß diese Veränderung im Kartenbilde z. T. nur auf einer anderen Art der Kartierung beruht. Denn es heißt in den Erläuterungen zu Blatt Mülheim (S. 20), daß es sich infolge davon, daß die Mittelterrasse in ihren oberen Lagen nahe der Tagesoberfläche gern sandig ausgebildet ist, größtenteils erübrigt, im Bereich dieser Terrasse den

¹⁾ S. 12—13.

²⁾ Der Name ist zuerst von WUNSTORF gebraucht (Über Löß und Schotterlehm im Niederrheinischen Tiefland. Verh. Nat. Ver. der preuß. Rheinl. u. Westf. 69, S. 293—340, 1912. Darin S. 318).

³⁾ Erläuterungen zu Blatt Wahn S. 17, Bohrung 25 und 27.

Decksand, soweit dieser etwa vorhanden ist, gesondert darzustellen. Der Decksand wird in diesen Erläuterungen als lose Sandmassen bezeichnet, die einerseits vom Außenrande der Mittelterrasse an das ältere Gebirge am Talrande überziehen, aber auch auf der Mittelterrasse selbst Verbreitung haben, andererseits aber auch am Fuße dieser Terrasse einen kilometerbreiten Streifen auf der Niederterrasse bilden. (Auf der Karte ist dieser Streifen als Niederterrassensand eingetragen.) FLIEGEL sagt in diesen Erläuterungen, daß der Decksand sicherlich größtenteils vom Winde ausgebreitet sei.

Auch auf Blatt Bonn, dem südlichen Nachbarblatt von Blatt Wahn, findet sich dieser selbe Decksand, und zwar ebenfalls ausschließlich östlich des Rheines. In den Erläuterungen bezeichnet ihn RAUFF als einen z. T. kalkhaltigen Sand von wechselndem Korn. Auch hier heißt es: Er vertritt den Löß. Er überlagert vornehmlich die Mittelterrasse¹⁾, zieht sich aber auch zur Hauptterrasse des Ennert hinauf.

Was in den Erläuterungen zu Blatt Bonn über den Decksand gesagt wird, findet sich bereits zum großen Teil in der Abhandlung „Löß und Decksand am Südrande der Niederrheinischen Bucht“ von E. ZIMMERMANN II²⁾. Der Decksand wird in dieser Arbeit als das Äquivalent der Schotterlehme des nördlichen Niederrheinlandes und als das Produkt einer großen Überflutung angesprochen, die nach Ablagerung des Lösses und vor Bildung der Niederterrasse eingetreten sei. ZIMMERMANN II betont mehrfach, daß der Decksand den jüngeren Löß überlagert.

Bei der Kartierung des Blattes Siegburg hat ERICH KAISER³⁾ als diluvialen „Sand“ und als „alluviale Flugsande der Talebenen“ offenbar heterogene Dinge zusammengefaßt. Stößt man das nach modernen Gesichtspunkten aufgenommene Blatt Bonn an das Blatt Siegburg, so grenzen an die „Flugsande“ des letzteren Flächen von Niederterrasse, alluvialen Rinnen und Dünen, an den „Sand“ Nieder-, Mittel- und Hauptterrasse, Decksand, Dünen und Löß. Zweifellos ist aber ein guter Teil von KAISERS „Sand“ dasselbe wie der Decksand der Blätter Bonn, Wahn und Mülheim. In die Schilderung⁴⁾

¹⁾ „Eine Abgrenzung gegen die liegenden kalkfreien Sande der Mittelterrasse ist, wenn der Decksand auch entkalkt ist, gewöhnlich nur in größeren Aufschlüssen möglich.“ Wodurch sich dann die Grenze zwischen beiden bemerkbar macht, wird nicht gesagt. Es wird noch erwähnt, daß östlich von Oberkassel (Blatt Siegburg) Decksand ansteht, der in der unteren Hälfte Schichtung zeigt, die sich aber nach oben verliert. Öfters sind hier Basalt und Tuff in Geröllform eingeschwemmt. Die Mächtigkeit beträgt bis über 2 m.

²⁾ *Jahrb. d. Preuß. geol. Landesanst.* XXXIX (für 1918), I, S. 155–179. ZIMMERMANN II hat u. a. gerade denjenigen Teil des Blattes Bonn aufgenommen, in dem der Decksand auftritt.

³⁾ Geologische Darstellung des Nordabfalls des Siebengebirges. *Verh. Nat. Ver. d. preuß. Rheinl., Westf. u. d. Reg.-Bez. Osnabrück*, 54, S. 77–203, Taf. I.

⁴⁾ Ebenda S. 164–167.

des „Sandes“ sind wohl auch einige andere Sande einbegriffen, im großen und ganzen paßt sie aber auf den Decksand. KAISER bezeichnet ihn als einen Quarzsand, der mit ganz wenigen Ausnahmen¹⁾ keine Schichtung besitzt. Der „Sand“ ist durch einen dünnen Überzug (d. h. der einzelnen Körner) schwach gelbbraun gefärbt²⁾. KAISER hält ihn für „jünger wie die Ablagerungen diluvialer Geschiebe und älter wie den Löß“. Es braucht kaum gesagt zu werden, daß diese Altersbestimmung nicht richtig sein kann, da der Löß älter als der diluviale Niederterrassenschotter ist. Einen Teil des Sandes hält KAISER für in alluvialer³⁾ Zeit durch Wind umgelagert. Die Sande ziehen fast ganz auf die Höhen hinauf, erreichen bei Haus Ölgarten, Gielgen, Hohholz, Ungarten, Oberholtorf 160, zwischen Vinxel und Oberholtorf sogar 170 m.

In neuerer Zeit hat sich KNUTH⁴⁾ mit den „Flugsanden“ der Siegburger Bucht⁵⁾ beschäftigt. Nach seinen Angaben sind die in den hangenden Teilen der Sieg-Niederterrasse auftretenden Sande mittleren und feinen Kornes im Bereiche eben dieser Terrasse, also bis westlich Hangelar⁶⁾, durch Wind nachträglich umgelagert worden, überdecken die ganze Terrassenfläche und sind auch auf den Abhang der Hauptterrasse von Haus Ölgarten und Roleber hinaufgeweht. Größere Gerölle enthält dieser Flugsand nur an Abhängen, wo Geschiebe abrutschen oder hinunterkriechen konnten. In den Flugsanden auf der Niederterrasse finden sich nur vereinzelt kleinere Gerölle bis zur Größe einer Bohne, die noch durch Wind bewegt sein können. Daß die Flugsande an die Ablagerungen der Niederterrasse gebunden sind, geht auch daraus hervor, daß östlich von Geistingen, wo diese Terrasse aufhört, auch kein Flugsand mehr vorhanden ist⁷⁾. Auf dem rechten Ufer der Siegniederung kommen

¹⁾ Die vielleicht nicht zum Decksand gehören?

²⁾ In einem Sand aus einer Sandgrube bei Schmerbroich hat KAISER folgende Mineralien gefunden: Muskovit, Biotit, Zirkon, Granat, Rutil, Magnet-eisen, Titaneisen, Turmalin, Epidot. Ob es sich um Decksand handelt, entzieht sich der Feststellung.

³⁾ Über die Abgrenzung des Diluviums gegen das Alluvium läßt KAISER sich nicht aus.

⁴⁾ HERMANN KNUTH, Die Terrassen der Sieg von Siegen bis zur Mündung. Beitr. z. Landeskunde der Rheinprovinz, herausgeg. von A. PHILIPPSON, Heft 4 (1923), S. 95—101.

⁵⁾ Die Ausweitung der Kölner Bucht von Siegburg aufwärts bis Hennef (KNUTH S. 17).

⁶⁾ Nach Blatt Bonn liegt Hangelar auf der Mittelterrasse, die sich noch ein Stück weit westlich von Hangelar erstreckt.

⁷⁾ In diesem Punkte bin ich nicht ganz einer Meinung mit KNUTH. Bei Allner, $1\frac{1}{2}$ —2 km weiter östlich liegt noch Flugsand, und zwar auf Devon. Die Verfrachtung des Sandes hat am Südrand der Siegburger Bucht nicht weiter als bis Geistingen nach Osten gereicht. Der Flugsand ist nur insofern an die Niederterrasse gebunden, als sein Material aus dieser stammt.

ebenfalls Flugsande vor. Sie überdecken die Mittelterrasse von Kaldauen und ziehen sich an den Wolsbergen empor¹⁾. KNUTH meint, diese Flugsande seien unmittelbar aus den tertiären Ablagerungen der Strecke Stallberg—Kaldauen ausgeweht. Er führt dafür an, daß sich die Verwehung auch jetzt noch bei heftigen Winden beobachten lasse²⁾. Die Flugsande links der Sieg und der Wolsberge sind jünger als der Löß. Man darf dies Alter daher auch wohl für die ganze Flugsandbildung annehmen. Auf der tieferen Stufe der Sieg-Niederterrasse finden sich keine Flugsande. Die Auswehung derselben muß also wohl stattgefunden haben, als die Sieg nach dem Beginn der Eintiefung in die eigentliche Niederterrasse noch die Unterstufe derselben einnahm. „Aus dem Alter der Flugsande geht . . . hervor, daß sie nicht, wie FLIEGEL³⁾ anzudeuten scheint, . . . in der Siegburger Bucht ein Äquivalent des Löß sein können.“

Soweit KNUTH.

Die Bedeutung des Fehlens der Flugsande auf der tieferen Niederterrassenstufe des Rheines für die Altersbestimmung der Dünen hat FLIEGEL⁴⁾ bereits 1912 klar erkannt. Er stellte damals fest, daß diese tiefere Stufe zwischen Sieg und Wupper frei von Flugsand ist, und daß dies dafür spricht, daß die Bildung der niederrheinischen Dünen erfolgt ist, während die tiefere Niederterrassenstufe noch vom Rhein eingenommen war.

Auf Grund der im Vorhergehenden mitgeteilten und eigener Beobachtungen komme ich zu folgender Auffassung von der Natur und der Entstehung des „Decksandes“:

Der Decksand der Blätter Bonn, Wahn und Mülheim am Rhein ist dieselbe Bildung wie die Flugsande von Blatt Siegburg. Das Material des Decksandes stammt aus der Niederterrasse. Der Rhein wusch aus dieser den Sand aus, wobei der Sand mit den tonigen Partikeln seine Bindigkeit verlor. Er erhielt dadurch die lockere Beschaffenheit, die es den vorherrschenden Westwinden ermöglichte, den Sand in östlicher Richtung zu verfrachten und zu Flugsandablagerungen anzuhäufen. Zu diesen gehören sowohl die

¹⁾ Nach der Karte von KAISER auch am Michaelsberg.

²⁾ Es mag auch jetzt noch gelegentlich Sand verweht werden, aber die Flugsandablagerungen sind im wesentlichen fossil und entstehen jetzt nicht mehr. Das Tertiär kann hier kaum eine große Rolle als Sandlieferant gespielt haben; die vorherrschenden Winde waren westlich, nicht nördlich.

³⁾ Dies bezieht sich auf die Bemerkung FLIEGELS in WUNSTORF und FLIEGEL, „Die Geologie des Niederrheinischen Tieflandes“ S. 368: „Auf den ursächlichen Zusammenhang zwischen der beschränkten Lößverbreitung in diesem Gebiete rechts des Rheines und der gewaltigen Ausdehnung von Flugsandbildungen in eben diesem Gebiete sei hier nur hingewiesen.“

⁴⁾ Neue Beiträge zur Geologie des Niederrheinischen Tieflandes, Stück I und II. Jahrb. d. Preuß. geol. Landesanst. XXXIII (für 1912), II, S. 445—446.

Decksandflächen wie die Dünen. Die Flugsandbildungen am Niederrhein sind ein Stück der großen deutschen Binnendünengebiete. Wie alle Binnendünen Deutschlands sind auch die Flugsande am Niederrhein von altalluvialen Alter. Ihre Entstehung war zeitlich eng begrenzt und bedingt durch ein trocknes Klima, Vegetationsarmut des Landes und westliche Winde. Mit dem Löß haben diese Sande nichts zu tun. Sie vertreten ihn weder, noch stehen sie mit seiner Bildung in ursächlichem Zusammenhange.

Im Folgenden sei diese Auffassung näher begründet.

1. Die Beschaffenheit des Decksandes. Die Angaben darüber sind dürftig. Jedenfalls ist der Decksand ungeschichtet. Ausnahmen wären darauf zu prüfen, ob es sich bei den Schichtgrenzen nicht um fossile Oberflächen handelt. Gerölle finden sich nur einzeln in dem Sand. Ganz kleine können vom Wind mitbewegt, größere von Abhängen her eingeschwenkt sein. Der Sand ist meist entkalkt und dürfte z. T. eine Gelb- oder Braunverwitterung erlitten haben. Seine Mächtigkeit beträgt 2,5—4 m, auch wohl weniger. Für die Flugsandnatur des Decksandes spricht seine Auflagerung auf einen ganz verschiedenen Untergrund (Diluvialschotter, Tertiär, Basalt, Devon) und eine sehr verschiedene hoch gelegene Unterlage. FLIEGEL hat bereits hervorgehoben, daß der Decksand sicherlich größtenteils vom Winde ausgebreitet sei.

2. Decksand und Dünen. Die Dünen sind auf den Blättern Bonn, Wahn und Mülheim mit anderer Farbe kenntlich gemacht wie der Decksand. Dieser ist ins Diluvium, jene sind ins Alluvium gestellt. In Wahrheit sind beide die Produkte eines und desselben Vorganges. In allen deutschen Binnendünengebieten kommt der Flugsand teils in Form flacher Ausbreitungen, teils in Form von Dünen vor.

3. Der Ursprung des Flugsandes und die Richtung der verfrachtenden Winde. Der Sand der Flugsandbildungen stammt aus der Niederterrasse. Der Flugsand liegt z. T. auf dieser. Die Niederterrasse war also schon vorhanden, als er sich bildete. Dagegen fehlt er auf der Unterstufe der Niederterrasse, der Inselterrasse. Bei der allgemeinen Abhängigkeit der deutschen Binnendünen von Wasserläufen kann schon aus der Verbreitung des Flugsandes östlich vom Rheine geschlossen werden, daß ihn westliche Winde verfrachtet haben. Wollte man annehmen, der Sand stammte aus der Mittelterrasse östlich des Rheins, so müßte er teils von westlichen Winden ausgeblasen sein, da er sich auch östlich des Mittelterrassengebietes findet, teils von östlichen, da er auch am westlichen Erosionsrand der Mittelterrasse angehäuft ist. Er bildet hier eine ans Steilufer angelehnte Abdachung. Die Entstehung derselben auf Abschwenkung von der Terrasse zurückzuführen, ist unmöglich, weil

es sich um einen geschlossenen Zug von etwa 1 km Breite am ganzen Mittelterrassenufer entlang handelt. FLIEGEL¹⁾ schreibt, die Dünen seien aus Decksand aufgeweht. Das kann aber für die westlich des Decksandgebietes liegenden Dünen nicht gelten. Man müßte sonst annehmen, daß die niederrheinischen Flugsandablagerungen teils von östlichen und teils von westlichen Winden erzeugt wären. Es läßt sich nun für die andern deutschen Binnendünen feststellen, daß bei ihrer Entstehung westliche Winde geherrscht haben. F. W. PAUL LEHMANN hat das noch einmal überzeugend dargetan²⁾. Auch die belgischen Binnendünen sind, wie F. LEVY³⁾ nachwies, unter Westwinden entstanden. In der Rheingegend können in der Zeit der Dünenbildung nicht wohl andere klimatische Verhältnisse geherrscht haben als in den Nachbargebieten. Wollte man trotzdem für den Niederrhein östliche Winde annehmen, so bliebe noch der Nachweis für einen östlichen Ursprungsort des Sandes erforderlich. Diesen aus dem Devongebiet herzuleiten, dürfte doch unmöglich sein. Dagegen stellt die Niederterrasse ein an Sand reiches Gebiet dar. Einen noch westlicheren Ursprung kann der Flugsand auch nicht haben, da zur Zeit seiner Bildung das Gelände westlich der Niederterrasse mit Löß bedeckt war. Zu der Annahme westlicher Winde paßt auch durchaus die Erscheinung, daß da, wo nahe am Rheintalrande bedeutende Höhen vorhanden sind, wie östlich von Bonn, der Flugsand bis auf die Hauptterrasse steigt, aber nicht weit nach Osten reicht, während dort, wo der Rand niedrig ist, seine horizontale Ausdehnung um so größer wird.

4. Die Auswaschung der Sande durch den Rhein. Die strenge Abhängigkeit der Verbreitung der Binnendünen in Deutschland von Wasserläufen beweist einen ursächlichen Zusammenhang zwischen beiden⁴⁾. Auch die rheinischen Niederterrassensande enthalten zu viel toniges Bindemittel, als daß die Quarzkörner ohne Lockerung dieser Bindung von Winden aufgenommen werden könnten. Erst die Auswaschung durch den Rhein und seine Nebenläufe nahm ihnen die Bindigkeit und schuf den lockeren Sand, der dann als Flugsand verfrachtet wurde. Wo sich im übrigen Deutschland die Verknüpfung von Dünenzügen mit Wasserläufen klar erkennen läßt, liegen erstere östlich der letzteren. Das gilt auch für die niederrheinischen Binnendünen, und wir schließen daraus, daß der Rhein

¹⁾ Erläuterungen zu Blatt Wahn, S. 13.

²⁾ Petermanns Mitteilungen 64 (1918), S. 124—126.

³⁾ Die belgischen Binnendünen. Geol. Rundschau XII (1921), S. 150—155.

⁴⁾ O. WILCKENS, Die Dünen zwischen Unterelbe und Unterweser, S. 593 (Centralbl. f. Min., Geol. und Pal. 1921) und O. WILCKENS, Geologische Heimatkunde von Bremen (1922), S. 79. Die erste Andeutung der Verknüpfung der deutschen Binnendünen mit den Urstromtälern und einen Hinweis auf die Bedeutung der Auswaschung kann man in einer Bemerkung GIBARDS (Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. I, S. 350) erblicken.

und seine Nebenläufe den Sand ausgewaschen und für den Windtransport vorbereitet haben.

Nur wo eine breite Niederterrassenfläche vorhanden ist, finden sich östlich derselben Flugsande in größerer Menge und Ausdehnung. Mit dem Südrande der Niederrheinischen Bucht finden auch die großen Flugsandmassen ihr Ende. Das Vorkommen von Oberkassel (Blatt Siegburg) kann sein Material aus der Gegend von Bonn bezogen haben. Südlich von Bonn übte vielleicht auch das Vorgebirge auf die schmalere Niederterrasse einen Windschutz aus. Das nächst südliche Flugsandgebiet ist das von Honnef. Weiterhin folgt das der Hönninger Bucht¹⁾. Beide liegen im Bereiche von Ausweitungen der Niederterrasse östlich des Rheines.

5. Das Alter der Flugsandbildung. Nach ZIMMERMANN II liegt im Bereiche des Blattes Bonn der Decksand nicht auf der Niederterrasse. Auf den Karten Wahn und Mülheim erscheint er zwar nur auf der Mittelterrasse und höher, aber FLIEGEL korrigiert in den Erläuterungen die Darstellung der Karten und weist den kilometerbreiten Streifen Sand auf der Niederterrasse am Westfuß der Mittelterrasse dem Decksand zu. Dünen liegen an verschiedenen Stellen auf der Niederterrasse, meiden dagegen nach FLIEGEL und nach KNUTH die Inselterrasse.

Es folgt daraus, daß die Flugsande jünger als die Niederterrasse sind, vollends also jünger als der Löß. Als KAISER schrieb, der „Sand“ sei älter als der Löß, gab es noch keine Terrassengliederung und überhaupt noch keine genaue Kenntnis des niederrheinischen Diluviums. Nach RAUFF und nach FLIEGEL „vertritt“ der Decksand den jüngeren Löß. Man kann das eigentlich nur so verstehen, daß er nach ihrer Ansicht ein gleichaltriges Äquivalent des Lösses ist. Vielleicht ist es aber so nicht gemeint und es soll nur heißen: der Decksand liegt rechtsrheinisch so auf der Mittelterrasse wie linksrheinisch der Löß darauf liegt. Das würde aber auch nicht richtig sein, weil der Decksand auch auf der Niederterrasse vorkommt. Der Löß ist älter als die Niederterrasse, die Flugsande einschließlich des Decksandes sind jünger als sie.

KEILHACK hat als erster den deutschen Dünengebieten eine regional-geologische Betrachtung gewidmet²⁾. Mit vollem Recht betont er, daß in Deutschland alle großen kontinentalen Dünen fossile Bildungen sind. Ihr Alter stellt er als alt-postglazial, d. h. als alt-alluvial fest. Nach seiner Ansicht gehören sie der Ancyclus- und Litorinazeit an. Wir datieren sie etwas früher (s. unten!).

¹⁾ ERICH KAISER, Die Entstehung des Rheintals. Verh. d. Gesellsch. Deutscher Naturf. u. Ärzte, 1908, I, S. 18 u. 20 des Sonderabdrucks.

²⁾ K. KEILHACK, Die großen Dünengebiete Norddeutschlands. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 69, Monatsber. S. 2—19, 1 Karte, 1917.

Wenn in den Erläuterungen zu Blatt Wahn das Alluvium als die Ablagerungen definiert wird, deren Bildung auch heute noch nicht abgeschlossen ist, so kann man dem nicht beistimmen. Unsere niederrheinischen Dünen und Flugsandflächen sind in ihrer Entwicklung abgeschlossen, sie sind tot, fossil. Sie haben sicher kein anderes Alter als die übrigen deutschen Binnendünen. Man müßte sonst annehmen, daß das Niederrheingebiet im Alluvium zeitweise unter wesentlich anderen klimatischen Bedingungen gestanden hätte als Weser- und Elbegegend. So ergibt sich als Alter der niederrheinischen Flugsandablagerungen ein altalluviales. Ihre Entstehung fällt in die zweite Hälfte der Dryasperiode (Ende der Yoldiazeit).

6. Die Verbreitung des Flugsandes. Auf der linksrheinischen Niederterrasse sind Dünen spärlich. Wenn hier Nebenarme des Rheines vorhanden waren, die Sand auswuschen, so wurde der Flugsand doch wohl größtenteils in den Rhein getrieben. Eine verhältnismäßig große linksrheinische Flugsandanhäufung ist die des Tannenbusches nordwestlich von Bonn. Ihr Vorhandensein erklärt sich aus der Existenz eines besonders breiten alten Rheinarmes, der sich westlich von ihr am Fuß der Mittelterrasse hinzog. Auf den Blättern Brühl, Cöln und Hitdorf finden sich linksrheinisch keine Dünen, auf Blatt Wahn nur eine kleine zwischen Sürth und Rodenkirchen östlich eines alten Rheinarmes. Auf Blatt Neuß sind kleine Dünenzüge häufig, hier sind aber auch sehr viele Wasserläufe vorhanden gewesen, die den Sand auswuschen¹⁾. Die Dünen liegen auf der Niederterrasse s. s. Ihr Material entstammt nach QUAAS²⁾ der Niederterrasse. Der Sand ist hellgrau, kalkfrei, ungeschichtet. Stellenweise wird eine Schichtung durch dünne braune humose Streifen und Bänder vorgetäuscht, die alte, damals wohl mit Heide bestandene Oberflächenlagen bezeichnen. Ganz vereinzelt kommen in den Sanden kleine Quarz- und Quarzitgerölle vor. Den Dünen, deren Sand 4—6, einzeln bis 10 m mächtig ist, lagern sich manchmal östlich Sandflächen vor, die weniger als 2 m mächtig sind. Auch hier gibt es also in der einheitlichen Flugsandablagerung Sandflächen und Dünen, die gleichaltrig sind, ganz wie im Gebiet des „Decksandes“³⁾. Auf Blatt Wahn ist die Niederterrasse in der Hauptsache so gut wie

¹⁾ Die Dünen bilden auf Blatt Neuß nach meiner Ansicht nicht einen einheitlichen, SO—NW gerichteten Zug, sondern sind auch hier an die Ostseite ehemaliger Wasserläufe gebunden und diesen parallel. Sehr schön zeigt sich dies östlich von Delrath, wo beide in NNW, und zwischen Neuß und Nixhütte, wo sie in NNO streichen. Die Dünen bei Flehe können unmöglich die Fortsetzung eines der linksrheinischen Züge sein.

²⁾ Dessen Erläuterungen zu Blatt Neuß wir die folgenden Angaben entnehmen.

³⁾ Nach QUAAS hat die Bildung und Wanderung des Sandes gleich nach der Trockenlegung der Niederterrasse begonnen, „ist aber in der Hauptsache in der geologischen Gegenwart erfolgt“. Gemeint ist damit wohl „im Alluvium“.

dünenfrei. Der Sand wurde eben zum großen Teil aus dem Urstromtal¹⁾ herausgeblasen. An seinem Ostufer bildete der Erosionsrand der Mittelterrasse einen Sandfang. (Der Westabfall der Hangelarer Mittelterrasse [Blatt Bonn] spielte dieselbe Rolle²⁾.) Auf den Blättern Siegburg und Bonn hinderten die Siegburger Hügel, Finkenberg, Ennert und Rabenley eine weite Verwehung nach Osten. In dem Trichter der Siegniederung konnte der Flugsand dagegen weit nach Osten vordringen. Von Geistingen aus südwärts rückt seine Ostgrenze dauernd nach Westen zurück. An den tieferen Teilen der W—O streichenden Südgehänge der Siegniederung wurde der Sand frei entlang gefegt³⁾. Am Westabfall der Hardt erschöpfte sich jedoch die Kraft des Windes mit der Aufwehung des Sandes bis auf die Höhen des Ennert, von Holtorf und Roleber.

KEILHACK verzeichnet auf seiner Karte nur zwei Dünengebiete am Rhein, das mittelrheinische südlich von Frankfurt und das von Wesel. Er sagt sogar ausdrücklich, daß, abgesehen von letzterem, größere Dünengebiete in der Gegend des Unterrheins völlig fehlen. Man muß berücksichtigen, daß KEILHACK Pionierarbeit leistete und seine Angaben daher vielfach noch unvollständig sind. Ich kenne das Flugsandgebiet von Wesel nicht aus eigener Anschauung, zweifle aber nicht daran, daß es derselben und gleichzeitigen Entstehung ist wie die hier besprochenen Dünen. Seine große Ausdehnung hängt wohl mit der Breite der Niederterrasse in diesem Abschnitte des Rheintals zusammen.

7. Die Hochfluthypothese. ZIMMERMANN II hält den „Decksand“ von Blatt Bonn für die Ablagerung einer jungdiluvialen Hochflut und ein Äquivalent des weiter nördlich am Niederrhein auftretenden „Schotterlehms“. Diese Hochflut müßte am Ennert bis auf das Niveau der Hauptterrasse hinaufgereicht haben. Aus welcher Himmelsgegend auch man diese Flut herleiten wollte, es würde immer unverständlich bleiben, warum sie nur rechtsrheinische und dazu nicht einmal zusammenhängende Ablagerungen geschaffen hätte. Die von ZIMMERMANN II beschriebenen Schotter bei Roisdorf und

¹⁾ Man kann das rheinische Niederterrassental wohl mit Recht als solches bezeichnen.

²⁾ Der als Niederterrassensand kartierte Streifen am Westfuß der Hangelarer Mittelterrasse, der eine sanfte Böschung von dieser bildet, ist ungeschichtet und gleicht dem Flugsand der Hangelarer Heide.

³⁾ KNUTH denkt an eine südlich gerichtete Aufwehung durch nordwestliche Winde und nimmt an, daß die Dünen zwischen der elektrischen Bahn Hangelar—Müllendorf und dem Pleisbach deshalb hier aufgeweht sind, weil die Nordwestwinde westlich der Wolsberge freies Spiel hatten. Ich glaube, daß man mit der Annahme westlicher Winde auskommt. — Es ist anzunehmen, daß auch die Sieg Flugsand auswusch. Man könnte diesen am Kalkmangel vom Rheinflugsand unterscheiden, wenn nicht letzterer zum größten Teile entkalkt wäre.

die linksrheinisch auf dem Löß vorhandene Steinbestreuung kann man unmöglich als Ablagerung einer solchen Hochflut und als Äquivalent des Decksandes ansehen. Nachdem sich der „Deck“- als Flugsand erwiesen hat, wird die ganze Hochfluthypothese für unser Gebiet hinfällig¹⁾.

8. Das Verhältnis des Flugsandes zum Löß. Daß diese beiden Bildungen nicht gleich alt sind, wurde bereits auseinandergesetzt. Der Löß ist älter, der Flugsand jünger als die Niederterrasse. Es ist ganz ausgeschlossen, daß dieselben Winde Sand und Löß gleichzeitig ausbliesen und etwa letzteren, weil leichter, weiter verfrachteten. Diese Auffassung, die in den Erläuterungen zu verschiedenen Blättern der geologischen Karte von Hessen für das Flugsandgebiet am Mittelrhein vertreten wird, ist ganz unhaltbar. Es muß betont werden, daß der rheinische Löß nicht, wie selbst Anhänger seiner äolischen Entstehung angenommen haben, durch westliche Winde angehäuft sein kann. Der Löß am Niederrhein kann doch nicht aus den Ardennen oder aus dem Atlantischen Ozean stammen. Wenn der Löß an den Rändern des Rhein-Urstromtales so ungleich verteilt, auf der linken Seite massenhaft vorhanden ist, auf der rechten aber fehlt, so darf das nicht so gedeutet werden, als wäre er von Westen hergeblasen und sei nicht bis an den Ost- rand gelangt. Tatsächlich ist diese Auffassung vertreten worden. AHLBURG²⁾ führt z. B. aus, daß der über das Plateau des Rheinischen Gebirges wehende Lößwind sein Material vorwiegend in den tief eingeschnittenen diluvialen Stromtälern ablagerte. „Nur so ist es auch zu verstehen, daß der Löß bzw. die noch heute von ihm erhaltenen Reste ganz allgemein an den westlichen und nordwestlichen Talflanken ruhen, und zwar so gesetzmäßig wie die Schlagschatten eines von NW beleuchteten Gebirgsreliefs; das Lößmaterial beispielsweise an der Lahn und ihren von Norden her kommenden kleinen Nebenbächen kann also nur von NW her, über den Westerwald hinweg,

¹⁾ ZIMMERMANN II hält die Hochflut für jungdiluvial. Bemerkenswert scheint mir, daß nach QUAAAS (Erläuterungen zu Blatt Neuß, S. 31—32) die von der „gewaltigen Überschwemmung“ erzeugten „jüngeren Flußlehme“ nicht nur auf der Mittelterrasse lagern, sondern daß wahrscheinlich auch die sehr ähnlichen feinsandigen Tone und Lehme auf der Niederterrasse, vielleicht sogar auch solche auf der altalluvialen Rheinterrasse dazu gehören. Es wird hier also angedeutet, daß die „Hochflut“ vielleicht alluvial ist. WUNSTORF (Über Löß und Schotterlehme im Niederrheinischen Tiefland. Verh. Nat. Ver. d. preuß. Rheinl. u. Westf. LXIX, S. 332) scheint an eine Richtung der Flut von Westen nach Osten zu denken, verkennt aber nicht die Schwierigkeiten, die dieser Annahme entgegenstehen. Wir können diesen Gegenstand hier nicht weiter verfolgen und begnügen uns mit der Feststellung, daß auf den Blättern Bonn, Wahn und Mülheim keine Anzeichen dieser „Hochflut“ wahrnehmbar sind.

²⁾ J. AHLBURG, Über das Tertiär und das Diluvium im Flußgebiete der Lahn. Jahrb. d. Preuß. Geol. Landesanst. XXXVI (für 1915), I, S. 363.

transportiert sein, er kann nicht dem Lahntale selbst entstammen.“ Offenbar wird hier angenommen, der Löß sei so schwer gewesen, daß er, an den Rand eines Flußtales gelangt, sofort an der Leewand in diese Vertiefung hineinfiel. Dafür war aber der Löß doch ein viel zu feiner und leichter Staub. Angenommen, das Zurücktreten des Lösses auf der rechten Rheinseite sei primär, so kann seine Anhäufung auf der linken nur so gedeutet werden, daß er von östlichen (bezw. nordöstlichen) Winden gegen den westlichen Luvabfall des Tales getrieben wurde und dort reichlicher niederfiel als an der Leeseite¹⁾.

9. Das Alter der jüngsten Rheinterrassen. Nachdem das Alter der niederrheinischen Flugsandablagerungen als altalluvial bestimmt ist, kann auch das Alter der jüngsten Rheinterrassen einwandfrei festgelegt werden. Da die Inselterrasse (Unterstufe der Niederterrasse) jünger ist als die Binnendünen, so muß sie jünger als die Dryaszeit sein. Die Niederterrasse gehört, weil älter als die Flugsandablagerungen, ins Diluvium, wohin sie ja bislang auch meist gerechnet ist²⁾. Der beträchtliche Altersunterschied zwischen Nieder- und Inselterrasse rechtfertigt die besondere, von JUNGBLUTH eingeführte Benennung der letzteren.

Ergebnisse.

Der „Decksand“, der bei Bonn, Wahn und Cöln auf der Ostseite des Niederrheines auftritt, ist eine Flugsandbildung.

Die Dünen, die teils mit ihm verknüpft sind, teils westlich seines Verbreitungsbezirkes auf der Niederterrasse des Rheintales liegen, sind gleichzeitiger und gleicher Entstehung wie der „Decksand“.

¹⁾ Diese Vorstellung ist bereits 1907 von A. RÜHL eingehend begründet (ALFRED RÜHL, Über die ungleichseitige Verbreitung des Löß an den Talgehängen. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1907, S. 374—377). — Wer etwa annehmen wollte, das Fehlen des Lösses z. B. auf der Mittelterrasse der Wahner Heide sei sekundär und beruhe auf Wegblasung des Lösses durch die westlichen Winde, die den Flugsand verfrachtet haben, stände vor der großen Schwierigkeit, daß diese Winde nicht den linksrheinischen Löß ins Rheintal getrieben haben. Es ist aber zuzugeben, daß die geringe Verbreitung des Lösses auf der rechten Rheinseite noch nicht ganz erklärt ist.

²⁾ JUNGBLUTH (Die Terrassen des Rheines von Andernach bis Bonn. Verh. Nat. Ver. d. preuß. Rheinl. u. Westf. LXXIII) stellt (S. 103) die Inselterrasse ins Jungdiluvium. ZIMMERMANN II neigt (1918, S. 168) dazu, die Niederterrasse ins Alluvium zu stellen, wenigstens „die jüngsten Schichten“, die noch heute der Überschwemmung ausgesetzt sind. Der Überschwemmung ist heute aber nur noch die Inselterrasse ausgesetzt. Dies betont auch KNUTH (S. 101), der aber mit Recht hervorhebt, daß das noch kein sicheres Kriterium für alluviales Alter ist.

Das Material dieser ganzen Flugsandbildungen stammt aus der Niederterrasse.

Es wurde durch den Rhein und seine Nebenläufe ausgewaschen, als sich diese in die Niederterrasse einschnitten.

Der Sand wurde von westlichen Winden in östlicher Richtung verfrachtet.

Er lagert auf verschiedenstem Untergrunde. Seine jüngste Unterlage ist die Niederterrasse.

Die niederrheinischen Flugsandbildungen gehören zu den großen kontinentalen Binnendünen Deutschlands. Sie haben dasselbe Alter wie diese, sind fossil und alt-alluvial. Ihre Entstehung fällt in die jüngere Dryas- (Yoldia-) Zeit.

Die Bildung dieser Flugsande hat mit der des Lößes nichts zu tun.

Der Löß wurde nicht nur in einer älteren Zeit abgelagert als der Flugsand, sondern in Gegensatz zu letzterem durch östliche (nordöstliche) Winde verfrachtet.

Die Inselterrasse ist wesentlich jünger als die Niederterrasse. Jene ist jünger, diese älter als die Flugsandbildungen. Die Inselterrasse ist alluvial und jünger als die Dryaszeit.

Die geophysikalischen Grundlagen der Kontraktionshypothese.

Von Friedrich Nölke (Bremen).

Während die historische Entwicklung der organischen Welt durch die paläontologische Forschung wenigstens in ihren Hauptzügen enthüllt ist, liegt über der Entwicklung der Welt des Anorganischen noch ein dichter Schleier. Zwar lassen sich die geologischen Beobachtungstatsachen ohne große Schwierigkeiten in ein historisches Schema einordnen; aber der kausale Zusammenhang ist verborgen. Die Tatsachen fügen sich wohl zu einem mosaikartigen Bilde, jedoch nicht zu einem innerlich zusammenhängenden, übersichtlichen Bau zusammen. Längere Zeit glaubte man in der Kontraktionshypothese das Zauberwort gefunden zu haben, das den Schlüssel zum Verständnis der geologischen Geschichte des Erdballs liefere. Als man jedoch ihre physikalischen und geophysikalischen Grundlagen zu prüfen begann, ergaben sich manche Schwierigkeiten, so daß das in sie gesetzte Vertrauen mehr und mehr schwand. Noch kürzlich wieder hat V. BUBNOFF nachdrücklich betont¹⁾, daß die Kontraktions-

¹⁾ S. v. BUBNOFF, Über geologische Grundtheorien. Geol. Rundschau, Bd. XIV, S. 356.

hypothese allerdings viel Bestechendes habe, aber geophysikalisch auf unüberwindliche Schwierigkeiten stoße. Nun ist es jedoch offenkundig, daß keine andere Hypothese, durch die man die Kontraktionshypothese hat ersetzen wollen, hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit und Brauchbarkeit auch nur entfernt an die Kontraktionshypothese heranreicht, und daß bei jeder die physikalische Begründung auf andere, nicht weniger schwer zu überwindende Hindernisse stößt. Dies sollte jeden Forscher nachdenklich machen und ihn von der Notwendigkeit einer erneuten Prüfung überzeugen, damit festgestellt werde, ob der über die Kontraktionshypothese gefällte Urteilspruch auch gerecht ist.

Die wichtigsten gegen die Hypothese erhobenen Einwände sind folgende:

1. Wenn das Erdinnere zusammenschrumpft, so muß sich die Erdkruste, wie ein austrocknender Apfel, überall in Falten legen. Die Faltung ist aber nur an wenigen Stellen erfolgt.

2. Der Wärmeverlust, den die Erde durch Ausstrahlung erleidet, ist so gering, daß die entstehende Schrumpfung bei weitem nicht genügt, um im Laufe der für die geologischen Perioden anzunehmenden Zeiträume die in den Faltengebirgen erkennbaren Zusammenschübe hervorzurufen. Da das heiße Erdinnere durch die Erdkruste wie durch einen Panzer vor der Ausstrahlung geschützt ist, die Schrumpfung also vorwiegend die äußeren Schichten ergreift, ist sogar zu erwarten, daß die Erdkruste, anstatt sich in Falten zusammenzuschieben, durch Spalten auseinander gerissen wird¹⁾.

Der erste Einwand läßt sich ziemlich leicht entkräften. Unter der starren Kruste beginnt in einer gewissen Tiefe die Zone des Gesteinsfließens. Auch wenn für den Reibungskoeffizienten in dieser Schicht recht hohe Werte angenommen werden, zeigt sich, daß die Festigkeit der Kruste groß genug ist, um tangential Drucke über große Entfernungen fortzuleiten²⁾. Die Kruste braucht sich daher nicht überall in Falten zu legen, sondern nur dort, wo sie schwache Stellen zeigt.

Dem zweiten, wichtigsten Einwand läßt sich durch den Nachweis begegnen, daß er auf einer unrichtigen Voraussetzung beruht. Bei allen Erörterungen über mögliche Schrumpfungen des Erdkörpers geht man von der Annahme aus, die Erde sei ein fester Körper,

¹⁾ Der von WEGENER auf Grund des für die Erdkruste nachgewiesenen isostatischen Massenausgleichs erhobene Einwand (Die Entstehung der Kontinente und Ozeane, 3. Aufl., 1922) richtet sich nur gegen die E. SUESSsche Formulierung der Kontraktionshypothese, nach welcher die Tiefseetafeln abgesunkene Schollen, die Kontinente stehen gebliebene Horste sind. Da die Kontraktion auch unter Wahrung der Isostasie erfolgen kann, braucht er nicht erörtert zu werden.

²⁾ FR. NÖLKE, Kritisches zur Kontraktionshypothese. Centralbl. f. Min. usw., 1923, S. 78.

der nur dadurch einem kleineren Volumen sich anpassen könne, daß er infolge Wärmeausstrahlung sich abkühle. Mehrere Beobachtungsergebnisse scheinen die Richtigkeit dieser Annahme zunächst zu bestätigen. Die Tatsache, daß sich durch die Erde nicht nur longitudinale, sondern auch transversale Erdbebenwellen ausbreiten, führt zu der Folgerung, daß die Erdmasse, wenigstens für schnell erfolgende Kraftwirkungen, die Eigenschaften eines fest elastischen Körpers besitzt. Dasselbe ergibt sich aus Horizontalpendelbeobachtungen, durch welche die Nachgiebigkeit der Erde gegen die Fluteinwirkungen des Mondes bestimmt wird, und aus der Art der durch den internationalen Breitendienst festgestellten Polschwankungen, sofern diese als freie Schwingungen des Erdkörpers betrachtet werden können¹⁾. Aber es besteht die Möglichkeit, daß die Annahme nicht ihrem ganzen Umfange nach zutrifft. Ob sich durch die ganze Erde, auch durch die dem Mittelpunkte unmittelbar benachbarten Schichten, transversale Erdbebenwellen fortpflanzen, ist nicht erwiesen²⁾; ebensowenig läßt sich aus den Horizontalpendelbeobachtungen und Polschwankungen das physikalische Verhalten der innersten Erdmassen eindeutig bestimmen. Es sind Anhaltspunkte dafür vorhanden, daß die innersten Massen des Erdkerns sich in ihrem physikalischen Verhalten von den übrigen unterscheiden. Aus Beobachtungen über die Art der Fortpflanzung der große Tiefen durchquerenden longitudinalen Erdbebenwellen folgert KNOTT³⁾, daß der elastische feste Erdmantel, der ungefähr die Dicke des halben Erdradius habe, in eine Schicht geringerer Festigkeit übergehe, und diese wieder einen Kern umschließe, der als unstarr und merklich kompressibel zu betrachten sei. Auch HAALCK⁴⁾ kommt zu dem Ergebnis, daß im Erdkern die Starrheit geringer und die Kompressibilität größer sei als in der zwischen Kern und Mantel liegenden sog. Zwischenschicht. Zwar findet er, daß die Kompressibilität im Erdmittelpunkte immer noch mehrfach kleiner und die Starrheit mehrfach größer sei als die des Stahls; aber auch aus seinen Untersuchungen geht doch hervor, daß das physikalische Verhalten der innersten Erdmassen zu dem bei festen Massen zu erwartenden Verhalten in einem auffälligen Gegensatze steht.

Nun ist hohe Kompressibilität bei verschwindend geringer Starrheit eine Eigenschaft der Gase. Es ist daher zu untersuchen,

¹⁾ W. SCHWEYDAR, Untersuchungen über die Gezeiten der festen Erde. Veröffentl. d. Preuß. Geod. Inst., N. F., Nr. 54. — Die Polbewegung in Beziehung zur Zähigkeit und zu einer hypothetischen Magmaschicht der Erde. Veröffentl. d. Preuß. Geod. Inst., N. F., Nr. 79.

²⁾ C. MAINKA, Physik der Erdbebenwellen. Berlin 1923, S. 46f. und 91.

³⁾ C. G. KNOTT, The propagation of earth-quakes through the Earth. Proc. of the Roy. Soc. of Ed., Vol. XXXIX, 1919.

⁴⁾ H. HAALCK, Über die Lagerung der Massen im Innern der Erde. Zeitschr. f. angew. Geophys., Bd. I, 1924, S. 280.

welche Folgerungen sich aus der Annahme ergeben, daß die innersten Erdmassen in ihrem physikalischen Verhalten eine gewisse Ähnlichkeit mit den Gasen besitzen. Die Annahme führt sogleich zu einer neuen Frage, deren Beantwortung für die Einsicht in den Entwicklungsgang der Erde sich als außerordentlich wichtig und fruchtbar erweist, zu der Frage nach dem vorgeologischen Zustande der Erde. Haben die dem Erdmittelpunkte benachbarten Massen noch jetzt eine Eigenschaft, die eine entfernte Verwandtschaft mit den Gasen andeutet, so erscheint die Folgerung, daß ihnen diese Eigenschaft im vorausgehenden Entwicklungsstadium in noch höherem Maße zukam, natürlich und zulässig. Diese Folgerung erfährt von astronomischer Seite eine Bestätigung. Die neueren astronomischen Forschungen lassen erkennen, daß die Sterne in ihr leuchtendes Dasein als weit ausgedehnte Gaskugeln, als Riesensterne eintreten, dann allmählich zusammenschrumpfen und endlich als Zwergsterne ihr Dasein beschließen. Was von den Sternen gilt, dürfte auch auf die kleineren Weltkörper, die sie als Planeten umkreisen, also auch auf die Erde ¹⁾, zu übertragen sein.

Wenn die gasförmige Erde Wärme ausstrahlte, so mußte, zu einem gewissen Zeitpunkte, in den äußeren Schichten die Temperatur so weit sinken, daß die am leichtesten kondensierbaren Stoffe flüssig wurden. Es bildete sich eine aus Kondensationsprodukten bestehende Wolkenschicht, deren Dichte und Dicke beständig wuchs, bis sie schließlich in eine zusammenhängende Flüssigkeitsschicht überging. Die Temperatur in dieser flüssigen und durch den in ihr herrschenden Druck fest werdenden Erdmantelschicht war verhältnismäßig niedrig, denn sie lag unter der kritischen Temperatur ²⁾ der kondensierten Stoffe. Die am schwersten sich verflüchtigenden, daher auch am leichtesten kondensierbaren Stoffe sind Tonerde, Kalzium-

¹⁾ Die Tatsache, daß die Erde, weil ihr Kern aus Eisen und ihr Mantel aus Gesteinen besteht, als Ganzes einem Meteoriten ähnlich ist, wird gelegentlich als ein Beweis dafür angesehen, daß sie sich aus Meteoriten zusammengeballt habe. Aber wenn die Erde aus Meteoriten zusammengewachsen wäre, so hätte kein Eisenkern und eine ihn umgebende Gesteinshülle, sondern ein konglomeratartiger, Gesteins- und Eisenmassen in bunter Mischung enthaltender Körper entstehen müssen, wenn man nicht die willkürliche Annahme machen will, daß zuerst nur Eisenmeteorite und im letzten Entwicklungsstadium nur Steinmeteorite an ihrem Aufbau beteiligt gewesen seien.

²⁾ Als kritische Temperatur wird in der Physik die Temperatur bezeichnet, oberhalb welcher ein Gas durch keinen noch so hohen Druck in den flüssigen Zustand übergeführt werden kann.

Nur an der unteren Grenze des flüssig und fest gewordenen Erdmantels konnte die Temperatur die kritische sein. Denn wenn sie schon in größerer Höhe vorhanden gewesen wäre, würden die Kondensationsprodukte bei ihrem Herabsinken hier wieder verdampft sein. Waren die Kondensationen nicht einerlei Art, so gilt das Gesagte von der ihrer kritischen Temperatur angemessenen Schicht innerhalb des Erdmantels.

oxyd und Kieselsäure, die den Hauptbestandteil der Gesteine des Erdmantels bilden. Die Schmelztemperaturen dieser Stoffe sind 3200° , 3000° und 2300° . Ihre kritischen Temperaturen sind nicht bekannt; doch darf, in Analogie mit den kritischen Temperaturen anderer Stoffe, angenommen werden, daß sie nicht unverhältnismäßig, d. h. nicht mehr als einige tausend Grad, höher sind als die angegebenen Werte. Setzt man voraus, daß zu dem Zeitpunkte, wo der Erdmantel Stabilität erlangt hatte und die geologische Entwicklung der Erde begann, seine Dicke mindestens 2000 km^1) war, so wird das Temperaturgefälle im Mantel kaum mehr als 1° bis 2° auf den km betragen haben. Vielleicht war am Anfang der geologischen Entwicklung der gasförmig gebliebene Kern noch kleiner und daher das Temperaturgefälle im Mantel noch geringer. Da sich die Mantelmassen größtenteils weit unter ihre kritische Temperatur abgekühlt hatten, so bildeten sie um den Gaskern herum ein Reservoir mit großer Wärmekapazität, in welches nicht nur beträchtliche Wärmemengen aus dem heißen Kern abfließen konnten, sondern das auch noch die gesamte bei der Schrumpfung entstehende Kontraktionswärme aufzunehmen vermochte, ohne daß die Massen in Gefahr waren, wieder in den gasförmigen Zustand überzugehen. Durch den Wärmezufuß wurde nur das Temperaturgefälle im Mantel etwas steiler.

Wenn der Gaskern Wärme abgab, so verringerte sich die Spannkraft der Gase. Der Kern vermochte den Mantel nicht mehr zu tragen und dieser sank nach. In der äußersten Mantelschicht, der starren Erdkruste, hatte die Schrumpfung die in der geologischen Geschichte aufgezeichneten Umwälzungen zur Folge. Da die Kontraktion der Erde nach dem Gesagten nicht die Wirkung ununterbrochener Wärmeausstrahlung in den Weltraum, sondern die Wirkung eines zwischen dem Gaskern und dem Erdmantel stattfindenden, inneren Wärmeausgleichs war, so würde sie auch stattgefunden haben, wenn die Erde gar keine Wärme an den Weltraum abgegeben hätte. — Der in dem Wechsel der orogenetischen und epirogenetischen Vorgänge sich offenbarende Zyklus der geologischen Entwicklung findet seine Erklärung auf Grund einfacher Voraus-

¹⁾ Dieser Wert ergibt sich, wenn man die seit dem Präkambrium erfolgte, aus dem Gesamtbetrage der Faltung erschlossene Verkleinerung des Erdradius auf 10% schätzt und annimmt, daß der fest gewordene Erdmantel im Präkambrium außer der Gesteinsschicht auch bereits die Zwischenschicht umfaßte. Dann betrug die mittlere Dichte des Eisenkerns ungefähr 4. Eisen von dieser Dichte kann weder fest noch flüssig sein, sondern muß als stark verdichtetes Gas betrachtet werden. Die gegenwärtige Dichte des Eisenkerns ist so groß, daß sich sein physikalischer Zustand wahrscheinlich nur noch sehr wenig von dem des festen Eisens unterscheidet. Die in der geologischen Zukunft noch mögliche Schrumpfung wird daher sehr gering sein.

setzungen über die Art der beim Zusammensinken der Mantelmassen erfolgenden Drucksteigerung und Druckausgleichung¹⁾.

Wenn die angedeuteten Überlegungen geeignet sind, der Kontraktionshypothese eine zuverlässige physikalische Grundlage zu schaffen, so ist Aussicht vorhanden, der Fülle der Beobachtungstatsachen das geistige Band einzuflechten, das ihnen bis jetzt gefehlt hat, oder dessen die Forschung doch wenigstens nicht als eines dauernden Besitzes sicher war.

Zur Kenntnis der kretazeo-eozänen Ablagerungen Patagoniens.

Von H. v. Jhering.

In der Erforschung der Geologie und Paläontologie Patagoniens lösen sich Erfolg und Mißgriff ab, folgt auf jeden Schritt vorwärts einer wieder rückwärts, so daß die ganze Arbeit eine stagnierende ist, fern von Übersichtlichkeit. Es sind vor allem die Übergangsschichten, die Ablagerungen von Roca und Salamanca, welche bald der Kreide, bald dem Eozän, bald beiden zugerechnet, immerzu Gegenstand der Kontroverse bleiben, dementsprechend dann auch die Altersschätzung der patagonischen Formation.

Eine Zeitlang schien es, als ob hier wenigstens der ruhende Pol erreicht worden sei. WILCKENS gebührt das Verdienst, die oberen Kreideablagerungen in einer, wie mir scheint, einwandfreien Weise besprochen zu haben, wobei die Roca-Salamanca-Schichten mit den Luisaschichten zur georgischen Stufe vereinigt wurden. Inwieweit die beiden um 10 Breitengrade getrennten Gruppen, geographisch oder zeitlich geschieden, als ungleiche Faziesabschnitte oder sonstwie auseinander zu halten sind, soll hier nicht erörtert werden. Die Luisaschichten gehören dem Senon an, die Roca- und Salamanca-Ablagerungen sind bald dem untersten Tertiär, bald der obersten Kreide zugerechnet worden, nur mit ihnen und ihrer wechselvollen Beurteilung haben wir uns hier zu beschäftigen.

Im Jahre 1918 machte WINDHAUSEN (1) den Versuch, die Luisaschichten scharf von den für tertiär ausgegebenen Roca- und Salamanca-schichten zu trennen. Er fand unter den ihm vertrauten Kollegen wohlbegründeten Widerspruch und stellte sich in einer 1921 erschienenen Abhandlung (2) wieder auf den ziemlich allgemein angenommenen Standpunkt, wonach die Salamancaschichten der oberen Kreide zugehören. Zu dieser erneuten Prüfung der Frage wurde

¹⁾ Eingehendere Darlegungen finden sich in der Schrift des Verfassers „Geotektonische Hypothesen“, Heft 2 der Sammlung geophysikalischer Schriften, herausgegeben von C. MAINKA, Berlin 1924.

WINDHAUSEN bewogen durch eine Abhandlung von W. SCHILLER (Geolog. Rundschau X, 1919, S. 19), worin dieser Geologe die Existenz der Salamancaschichten ganz in Abrede stellte und CARLOS AMEGHINO vorwarf, Fossilien der patagonischen Formation mit solchen der marinen oberen Kreide verwechselt zu haben. Dieser sonderbare Zwischenfall erklärt sich dadurch, daß SCHILLER annahm, die von ihm am Fuße des Pico de Salamanca gesammelten Fossilien entsprächen jenen, welche die Grundlage für die Salamancafauna geliefert hätten. WINDHAUSEN hat (1921, S. 133) CARLOS AMEGHINO gegen diesen Vorwurf in Schutz genommen. Mich speziell hat es nicht wenig gewundert, daß SCHILLER mir, der ich diese Fauna und ihre Benennung in die Wissenschaft eingeführt hatte, zutraute, Fossilien der patagonischen Formation schwer verkannt zu haben. Die Salamancaablagerungen treten nicht am Fuße des Berges sondern einige Kilometer weiter nordöstlich an der Küste zutage. Die darin vorkommenden Mollusken sind von mir beschrieben und 1907 (a. a. O. S. 55) zusammengestellt worden. Die Liste bezieht sich auf die Küstengebiete des S. Jorge-Golfes und Umgebung bis zum Colhue-Huapi-See. Im Jahre 1922 folgte dann SCHILLERs Arbeit (3) über Roca.

Der noch sehr kleinen Liste von Conchylien der Salamancaablagerungen habe ich heute nur eine einzige Art hinzuzufügen: *Nautilus valencienni* HUPÉ nach Angabe von LOOMIS, welcher meine Bezeichnung der Salamancaschichten durch die der Deseadoablagerungen zu ersetzen versuchte. In seiner Abhandlung über die S. Jorgeformation 1918 hat WINDHAUSEN einige Änderungen vorgenommen, welche ich besprechen muß. *Ostrea hemisphaerica* JH. (von ORB.) fällt weg, weil durch *O. neuquena* JH. ersetzt. Zu streichen ist auch *Gryphaea concors* JH., da diese Art zwar von AMEGHINO angeführt wurde, aber wie ich jetzt annehme aus Versehen, sowie *Pododesmus valchetanus* JH. von Gualichu. Indem ich diesbezüglich auf mein Buch (4) von 1907, S. 267, verweise, bemerke ich, daß hier Arten der patagonischen Formation aus Versehen der Salamancafauna von AMEGHINO zugerechnet worden waren. Es sind daher in WINDHAUSENs Liste die von Gualichu angeführten Arten von *Trophon*, *Siphonalia*, *Bulla* usw. zu streichen.

Im ganzen wurden von mir vom Golf von S. Jorge und vom Rio Chico, Chubut 21 Arten angeführt, von denen 8 auch bei Roca vorkommen. SCHILLER hat angedeutet, daß *Aporrhais chubutensis* JH. und *striatissima* JH., beide vom Rio Chico, Chubut zu anderen Arten synonym seien. Ich habe jetzt in bezug auf diese Arten, die leider unvollkommen erhalten sind, Bedenken, die letztere sieht wie eine *Struthiolaria* aus. Es ist nötig, in jener Gegend weiteres und besseres Untersuchungsmaterial zu sammeln. Ich glaube aber nicht, daß *Aporrhais chubutensis* mit *A. gregaria* WILCKENS zusammenfällt.

Bei *A. chubutensis* ist das Gewinde viel kürzer als bei *A. gregaria*, letztere stammt vom Cazador, meine vom Rio Chico, Chubut.

Von der Rocafauna kennen wir doppelt so viele Arten wie von den Salamancaschichten. Auch da wieder ist der Erhaltungszustand oft ein kümmerlicher, zumal bei den Gastropoden. Bei den Muscheln kommt man noch eher mit den Steinkernen zurecht. Wo sie in Form, Größe, Muskulatur usw. gut den besser bekannten Exemplaren aus anderen Schichten entsprechen, sind sie beweiskräftig. Deshalb habe ich den Widerspruch von WILCKENS gegen das Vorkommen von *Malletia ornata* in Roca ablehnen müssen. Jetzt hat SCHILLER nun auch gut erhaltene Schalen dieser angezweifelte Art aufgefunden. Auch die Zweifel, welche WILCKENS in bezug auf seine Bestimmung von gewissen Steinkernen als *Trigonia* zugehörig äußerte, weist SCHILLER zurück, indem er Stücke von *Trigonia* abbildete, welche auch ich dafür halte. Ich lenke die Aufmerksamkeit der Kollegen auf SCHILLERS Abbildung, 1922, Taf. IV, Fig. 1b, *Trigonia* sp., in welcher am oberen Dorsalrande des Steinkernes 8—10 schräg stehende kurze Leisten zu sehen sind, welche nicht zu *Venericardia* passen, aber wohl als Ausfüllungsmasse eines großen Cardinalzahnes von *Trigonia* deutbar wären.

WILCKENS (5) ist oft, zumal mir gegenüber, ungewöhnlich scharf wegen kleiner Mängel aufgetreten, jetzt sieht er sich in die Lage versetzt, Schwierigkeiten auch seinerseits anerkennen zu müssen. Es wirkt komisch, daß er, der „gute“ Abbildung veröffentlicht zum Ersatz schlechter von mir gegebener, nun sehen muß, daß SCHILLER (1922, S. 269) die zum Ersatz für eine schlechte Figur von mir gegebene Abbildung von WILCKENS (Taf. II, Fig. 6) als „nicht genügend“ bezeichnet. Ich bin darin nicht mit SCHILLER einverstanden und bin WILCKENS verbunden dafür, daß er meine Darstellung durch bessere Abbildungen ergänzt hat, aber gesündigt wird eben doch überall gelegentlich. Und den Auslandsdeutschen stehen für ihre Arbeiten und Abbildungen nicht die Hilfsmittel zu Diensten, über welche Deutschland seit langem verfügt. So habe ich z. B. 1900 in der Revista do Museu Paulista eine Arbeit von Prof. E. KAYSER über paläozoische Spiriferarten veröffentlicht, zu welcher der Verfasser selbst die Tafeln hatte anfertigen lassen, aber diese Tafeln kamen nicht bei mir an. Schließlich mußte ich in S. Paulo zwei Tafeln herstellen lassen, die miserabel ausfielen. Zwei Jahre später erhielt ich vom brasilischen Ministerium des Äußeren eine Kiste zugesandt, welche die durch diplomatische Beziehung übersandten in Deutschland hergestellten Tafeln enthielt.

SCHILLER hält die Rocaformation für eine Kombination von oberer Kreide und Eozän, also für Übergangsschichten. Zieht man in Betracht, daß SCHILLER die Salamancaschichten irrig beurteilt hat und daß die Salamancaablagerungen 38% von Arten enthalten,

welche auch in den Rocaschichten vorkommen, so wird man SCHILLERS Auffassung kaum zustimmen können. Zu Vergleichen sind die kleinen von mir gegebenen Listen von Arten viel zu unbedeutend, immerhin muß es auffallen, daß z. B. bei den Ostreiden *Ostrea ameghinoi* und *Exogyra callophylla* identisch mit Rocaarten sind, wogegen die beiden *Gryphaea*-Arten der Salamancaschichten von jenen der Rocaablagerungen different sind. *Gryphaea concors* ist irrig von dem Salamanquéen angegeben. Nebenbei bemerkt liegen beide Fundorte doch um 9 Breitengrade voneinander entfernt. So viel ich weiß, ist alles, was wir von den Salamancaschichten wissen, fast ausschließlich von CARLOS AMEGHINO gesammelt; es wäre sehr zu wünschen, daß bald andere Arbeiter sein verdienstliches Werk fortsetzen.

In der S. Jorgestufe kommen neben ausgestorbenen mesozoischen Arten auch solche vor, welche sich mehr oder weniger verändert in der patagonischen Formation erhalten haben. WILCKENS sucht diese Angaben in Zweifel zu ziehen und das ist ja angesichts des vielfach schlechten Erhaltungszustandes begreiflich. Wenn man, wie WILCKENS sich das vorstellt, die Existenz des älteren marinen Tertiäres für Patagonien ganz in Abrede stellt, so daß Miozän auf Kreide folgen würde, so sind ja nahe Beziehungen zwischen diesen aufeinander folgenden Faunen ausgeschlossen und es ist wohl verständlich, daß dann die Persistenz von Arten in Zweifel gezogen wird. Ob aber unbequem oder verständlich — diese nahen faunistischen Beziehungen existieren. Das Vorkommen von *Malletia ornata* SOW., welches WILCKENS (1921, S. 7) in Frage zieht, ist durch SCHILLER bestätigt, welcher noch eine andere langlebige Art zufügte, *Scalaria rugulosa* SOW. Als Arten der Roca-Salamanca-Schichten, welche in der patagonischen Formation vorkommen, habe ich (1907, S. 489) außer der *Malletia* angeführt: *Myochlamys patagonensis*, *Gryphaea burckhardtii*. Im Kataloge (6) von 1914 habe ich noch *Chione eupyga* JH. zugefügt. Den Katalog meiner Sammlung tertiärer Conchylien von Argentinien habe ich WILCKENS wie STEINMANN zugesandt, doch scheinen diese Exemplare nicht angekommen zu sein, so daß WILCKENS die Arbeit nicht kennt. Bezüglich der *Gryphaea* bleibt Bestätigung abzuwarten. Ich kann den Einwürfen von WILCKENS in bezug auf diese Arten nicht beipflichten. Wichtiger ist die allgemeine Verwandtschaft. *Ostrea rionegrensis* ist Vorläufer der *O. hatcheri*, mit welcher BÖHM sie identifizierte, *Venericardia palaeopatagonica* ist der Kreidevertreter der tertiären *V. inaequalis*. Die Gattungen *Struthiolaria*, *Turritella*, *Aporrhais* sind durch ähnliche Arten in der patagonischen Formation ersetzt. Die kretazeische Gattung *Lahillia* erhält sich, abgesehen von der Größenzunahme kaum verändert, und *Neoinoceramus* ist ein rätselhaftes Fossil der patagonischen Formation und zwar ihrer tiefsten Schicht, von welchem sich zuversichtlich voraussehen läßt, daß es auch in der Kreide noch entdeckt werden wird. *Turritella chilensis*,

welche ich auch a. a. O. angeführt hatte, scheint schon zur Kreidezeit in Patagonien erloschen zu sein. Bemerkenswert ist auch, daß die Brachiopodengattung *Bouchardia* fossil lediglich aus Kreide und Tertiär von Patagonien bekannt geworden ist, und es steht meiner Ansicht nach die kretazeische *Bouchardiella patagonica* JH. der *Bouchardiella jorgensis* JH. von der patagonischen Formation nahe. Hierüber wird Dr. DOELLO-JURADO berichten, dessen vorläufige Mitteilung in *Physis* Tom. V, 1922, Buenos Aires, S. 303, erschien.

Lebende Arten sind unter den oberkretazeischen der Roca-Salamanca-Schichten nicht anzutreffen, aber *Malletia ornata* SOW. kann als Vorläufer der australischen *M. australis* gelten und *Turritella chilensis* steht im gleichen Verhältnis zur lebenden chilenischen *T. cingulata*.

Das wertvolle Material, welches wir O. NORDENSKJÖLDS Expedition nach der Seymour-Insel verdanken, ist von WILCKENS (7) gut bearbeitet worden und weist Beziehungen auf zum älteren Tertiär in Chile und Patagonien. WILCKENS freilich, von der verkehrten Prämisse des miozänen Alters der patagonischen Formation ausgehend, hält auch das eozäne Tertiär der Seymour-Insel für miozän, und so groß ist seine Voreingenommenheit, daß nicht einmal das Vorkommen der Gattung *Zeuglodon* ihm zu denken gibt.

Über Alttertiär der Kerguelen-Inseln sind wir durch eine Arbeit von RALPH TATE (8) von 1900 unterrichtet, über welche ich einige Bemerkungen beifügen möchte. *Turritella hallii* ist meiner Ansicht nach synonym zu *T. ambulacrum* SOW., resp. Unterart zu ihr. *Chione permagna* TATE steht wohl *Cytherea enysi* HUTTON nahe. Schloß unbekannt. *Chione kergueleni* TATE gehört in die Synonymie von *Ch. meridionalis* SOW. Auch *Mytilus (Brachydontes) magellanicus* kommt vor.

Die faunistische Verwandtschaft zwischen den eozänen Mollusken von Patagonien, Chile und Neu-Seeland kommt nicht nur in dem Gesamtcharakter des Tierlebens zum Ausdruck, auch in der Anwesenheit von Arten, welche den drei Gebieten gemeinsam zukommen. Ich habe längere Zeit über diesen Gegenstand mit Herrn SUTER, dem erfahrenen Kenner der Malakologie von Neu-Seeland korrespondiert, und wir sind dabei zu positiven Ergebnissen gekommen. Als identische Art des ältesten Tertiäres führe ich die folgenden Arten an, hierbei die 1907 S. 82—83 von mir gegebenen Listen ergänzend. Noch lebende Arten sind mit * bezeichnet. *Cucullaea alta* SOW., **Mytilus magellanicus* SOW., *Chione meridionalis* SOW., **Chione antiqua* KING, *Crepidula gregaria* SOW., *Scalaria rugulosa* SOW., *Turritella ambulacrum* SOW., *Turritella patagonica* SOW.

Hierzu einige Bemerkungen. Die Unterscheidung der eozänen Cucullaeen ist vor allem deshalb noch eine unsichere, weil wir, bei zu geringem Untersuchungsmaterial, die Grenzen nicht kennen, innerhalb derer die Arten variieren. Für Neu-Seeland hat SUTER (9) die

Existenz der angeführten Art bestätigt, in Chile hat PHILIPPI sie als *C. chilensis* beschrieben. Als Unterschied von der nahe stehenden Art *C. alta* gibt er die etwas mehr verlängerte Form an, aber diese Differenz geht nicht so weit wie bei der neuseeländischen Varietät B von HUTTON, welche SUTER gleichwohl nicht spezifisch abtrennte. So wird denn auch die chilenische Form als Subspezies sich gut einreihen lassen als *C. alta chilensis* PHIL.

In bezug auf *Chione antiqua* KING bemerke ich, daß ich diese mir wohl bekannte Art im Museum zu Santiago unter den beiden Namen *maldonadoi* PHIL. und *chiloensis* PHIL. für rezente Schalen von PHILIPPI'S Hand geschrieben angetroffen habe. *Ch. chiloensis* ist für eine fossile Art aufgestellt, von PHILIPPI aber ist der Name auch für die entsprechende lebende Form *Ch. antiqua* verwandt worden. Unter dem Namen *chiloensis* hat SUTER die entsprechende Tertiärart von Neu-Seeland aufgeführt.

Crepidula gregaria SOW. ist eine zumal bei großen Exemplaren in Form ziemlich variable Art. SUTER führt sie für Neu-Seeland an und ich stelle als Var. zu ihr die kürzlich (1922) von WILCKENS beschriebene *Cr. hochstetteri* WILCKENS.

Die Gattung *Scalaria* LAMARCK muß bestehen bleiben, denn der Ersatz derselben durch *Epitonium* LINK widerstreitet den Nomenklaturregeln (10). LINK'S Buch ist nie veröffentlicht worden, die ganze Ausgabe ging durch Feuersbrunst zugrunde. Das Handexemplar des Autors ist nicht „veröffentlicht“ worden. Die unveröffentlichten Werke und die anonymen Händlerlisten u. a. m. von HUMPHREY, BOLTEN, LINK sind so wenig literarische Quellen wie die Verkaufslisten von SOWERBY und ROLLE.

Viele Autoren verwenden subgenerisch verwertbare Namen als solche von Gattungen. So gibt es für WILCKENS überhaupt keine *Struthiolaria* mehr. Die von ihm und STEINMANN eingeführten Namen können möglicherweise als Subgenus-Namen dienen, ich bezweifle das zunächst, ebenso wie seinerzeit SUTER. Auch das geht nicht an, daß man die *Aporrhais*-Arten der patagonischen Formation als *Arrhoges* anführt. Das ist nichts als eine schwache Untergattung. Ich habe leider zu dürftiges Material hiervon erhalten, dabei aber den Eindruck gehabt, daß die Außenlippe nur sehr wenig am vorletzten Umgange aufsteigt. Vielleicht handelt es sich dabei zum Teil um Arten von *Alaria*, offenbar den Stammformen der *Aporrhais* und würde die Untergattung *Arrhoges* ein Übergangsglied zu *Aporrhais* s. str. bilden.

Ich glaube, daß obige Liste, sobald einmal an gutem Vergleichsmaterial von *Turritella*, *Polynices* usw. gründlichere Studien gemacht sind, noch wachsen muß. *Polynices secunda* ROCH. et M. und *P. subtenuis* JH. scheinen mir unter den Arten von Neu-Seeland vertreten zu sein. Die Struthiolarien mögen dem patagonischen Ent-

wicklungszentrum entstammen, heute sind sie ebenso wie *Nautilus* und *Trigonia* in ihrer Verbreitung auf die indoaustralische Provinz beschränkt. Vermutlich werden auch *Neoinoceramus* und *Lahillia* noch in Chile und Neu-Seeland aufgefunden werden. Die von H. WOODS (11) 1917, Tl. XVI, Fig. 8, abgebildete *Maetra* sieht ganz wie ein *Lahillia* aus.

Hierbei ist freilich zu beachten, daß die Übereinstimmung zwischen den eogenen Faunen der drei genannten Gebiete keine durchgreifende ist. Die Entwicklung schwerer Austern ist in Neu-Seeland die gleiche wie in Patagonien, muß aber doch wohl als eine parallele Entwicklung aufgefaßt werden. Sie geht so weit, daß ORTMANN den Namen *ingens* der neuseeländischen Art auch auf die Austern der patagonischen Formation übertrug. In Chile dagegen ist es zur Ausbildung solcher massiger Riesenformen nicht gekommen. Von verbreiteten chilenisch-patagonischen Gattungen, welche in Neu-Seeland nicht vorkommen, seien hier genannt: *Gibbula*, *Pyrula*, *Lahillia*, *Phacoides*, *Pitar*, *Marcia*.

In den Jahren 1919 und 1920 habe ich die AMEGHINOSche Sammlung fossiler Haifischzähne geordnet und bearbeitet. Das Ergebnis paßt ganz zu dem, welches ich aus dem Studium der Mollusken abgeleitet habe. Es gibt drei verschiedene Faunen von Selachiern in den kretazeo-tertiären Ablagerungen von Patagonien: eine der Salamancaschichten, eine der patagonischen und eine der Enterrios-Formation. Die vorherrschenden Typen der Salamancaschichten sind die ausgestorbenen Gattungen *Scapanorhynchus*, *Otodus*, *Synechodus*, welche ebenso in der Waipara-Formation von Neu-Seeland prädominieren. In Patagonien kommt in *Corax* noch eine weitere ausgestorbene Gattung hinzu. Es sind also hauptsächlich vertreten Arten der Familien der *Notidanidae*, *Heterodontidae* und *Lamnidae*. Auffallend ist das Fehlen der *Carchariidae*. *Isurus hastalis* AG. und *Carcharodon auriculatus* BL., welche in Patagonien erst frühtertiär auftreten, existieren in Neu-Seeland schon im Danian von Waipara. Wenn die genannten großen Selachier der Kreide von Neu-Seeland in Nordamerika schon eozän angetroffen werden, so weist das darauf hin, daß damals die Wanderstraße von Neu-Seeland bis Nordamerika für diese kräftigen Schwimmer frei war, ebenso nach Patagonien, wo die gleichen Arten in der patagonischen Formation angetroffen werden.

Die zweite Selachierfauna ist in Patagonien diejenige der patagonischen Formation. Außer *Scapanorhynchus* sind die kretazeischen Typen verschwunden. Wie in Neu-Seeland im Oamaru tritt auch hier in *Galeocерdo aduncus* ein erster Vertreter der Carchariiden auf. Übrigens haben sich in der patagonischen Formation wie bei den Mollusken so auch bei den Teleostiern noch vereinzelt Kreidetypen erhalten, wie z. B. die Gattung *Portheus*.

Ganz anders liegen die Verhältnisse in den Entreriosschichten, in welchen zuerst Elemente der atlantischen Fauna auftreten, wie Arten von *Carcharias* und *Hemipristis*, auch *Carcharodon megalodon*.

Es ist hiernach klar, daß die Salamanca-Selachier dem Danian, diejenigen der patagonischen Formation dem Eozän angehören und jene der Entreriosablagerungen neogenen Alters sind. Die Selachier sind nach meinen Erfahrungen bei kretazeo-eozänen Übergangsschichten für die Beurteilung des geologischen Alters von viel einschneidenderer Bedeutung als die Mollusken. Niemand, welcher die Selachier der Salamancaschichten untersucht, wird ihren kretazeischen Charakter verkennen, über das Alter der Salamanca- und Rocaschichten aber wird von denen, welche die Mollusken studieren, bald so, bald so geurteilt. In ähnlicher Weise steht es um die Altersbestimmung der Maria Farinha-Schichten von Pernambuco, die noch ganz kürzlich wieder von BRANNER für eozän, von mir für oberkretazeisch erklärt wurden. Die Selachier aber sind auch in diesem Falle nach SMITH WOODWORDS Untersuchungen eindeutig — sie gehören der Fauna der obersten Kreide an.

Ähnlich steht es bei den Echinodermen. Die Gattungen der patagonischen Formation sind zu 46% ausgestorben, gegen nur 20% erloschener Genera in der Danian-Fauna. Das mag zum Teil an der Unvollkommenheit des faunistischen Bildes liegen, zum Teil rührt es auch her von der schmählicher Weise noch immer so beliebten Methode, aus jeder Untergattung ein Genus zu machen. Gegen solchen Unsinn kann nicht scharf genug Verwahrung eingelegt werden, denn ein solches Verfahren erschwert die Übersicht und hindert den Überblick in zoogeographischen und paläontologischen Arbeiten vergleichenden Charakters. Verwirrung hat LAMBERT hervorgerufen, indem er *Jheringiana* mit *Monophora* verwechselte und der schon in der Kreide von New Jersey vertretenen Gattung *Psammechinus* ein neogenes Alter zuschrieb. Im allgemeinen gehören die Echinodermen der Salamancaschichten zu mesozoischen Gattungen, welche sich bis auf unsere Tage erhalten haben. Die Echinodermen sind daher wie die Mollusken für die Beurteilung von Übergangsschichten wenig beweisend. Man muß aber sagen, daß die Echinodermen der patagonischen Formation sehr wohl dem Eozän zugerechnet werden können. Es fehlen den georgischen Schichten tertiäre Typen und der patagonischen Formation die neogenen Gattungen. Während die Gattung *Scutella* schon eozäne Vertreter hat, sind die Formen mit durchbrochener Scheibe neogen, so auch *Monophora*. Am Chubut kommen neben Ablagerungen der patagonischen Formation auch solche der Entreriosformation vor und stellt dort *Monophora* ein äußerst wertvolles Leitfossil dar.

Werfen wir nach dieser Zusammenstellung einen Blick auf die wesentlichen Resultate. Der uns hier allein beschäftigende obere

Teil der georgischen Stufe von WILCKENS umfaßt die guaranische Stufe von AMEGHINO und ist in der Hauptsache aus den Salamanca- und Rocaschichten zusammengesetzt. Die in den Luisaschichten noch besser entwickelten mesozoischen Cephalopoden sind auf die Gattung *Nautilus* reduziert, Arten von *Gryphaea*, *Exogyra*, *Ostrea ameghinoi* und verwandte Arten sind charakteristisch. Die Fauna ist eine verarmte Kreidefauna, sie entspricht der dänischen Stufe.

In der patagonischen Formation sind die Elemente der guaranischen noch größtenteils erhalten. Sehr wenig modifiziert hat sich die erloschene Gattung *Lahillia* erhalten, sukzessive an Größe zunehmend, *Neoinoceramus* ist ein aberranter, bald erlöschender Typus, welcher der Kreide entstammen muß. Eine große Reihe von Gattungen der Mollusken haben sich erhalten, neue treten hinzu, aber die Kontinuität des Molluskenlebens ist erhalten. Es fehlt nicht an Arten, welche der guaranischen und patagonischen Formation gemeinsam sind, andere müssen als einander nahe stehende, als vikariierende Spezies angesehen werden. Lebende Arten kommen in der guaranischen Formation nicht vor, in der patagonischen Formation beläuft sich deren Zahl auf 7, in der superpatagonischen auf 9%. Ein Hiatus besteht zwischen beiden Formationen, aber er ist nicht beträchtlicher als z. B. zwischen der patagonischen und superpatagonischen Formation, bei denen nur 17% der Arten gemeinsam sind. Trotzdem wollen ORTMANN und WILCKENS die superpatagonische Stufe nicht als eigene Abteilung gelten lassen. Wäre nicht das Axiom von dem scharfen Schnitte zwischen Kreide und Tertiär ein so feststehendes, so würde man sagen können, daß ähnliche Epochen faunistischer Umbildung, wie sie uns im Übergange von den guaranischen Schichten zur patagonischen und dann wieder von der patagonischen zur superpatagonischen Formation vorliegen, auch unter gleichem Gesichtspunkte der Beurteilung betrachtet werden müssen. Das eine aber ist doch durch meine Arbeiten hinreichend festgestellt: die Kontinuität des Molluskenlebens ist zwischen guaranischer und patagonischer Formation nicht unterbrochen worden. Es ist daher unzulässig, zwischen beiden Formationen einen Hiatus zu konstruieren, welcher, das ganze ältere Tertiär umfassend, miozäne Schichten den Ablagerungen der patagonischen Kreide direkt aufgelagert sein lassen würde.

Die patagonische Formation ist eogenen Alters.

Literaturverzeichnis.

1. A. WINDHAUSEN, The Problem of the Cretaceous-tertiary Boundary in South America. — The American Journal of Science, Vol. XLIV, 1918, S. 1—53.
2. A. WINDHAUSEN, Ein Blick auf Schichtenfolge und Gebirgsbau im südlichen Patagonien. — Geolog. Rundsch. Bd. XII, 1921, S. 109—137.
3. W. SCHILLER, Los sedimentos marinos del limite entre el Cretaceo y Terciario de Roca. — Revista del Museo de la Plata, Tom. XXVI, 1922,

- S. 256—280, sowie unter dem Titel: Die meerischen Grenzsichten der Kreide und des Tertiärs von Roca in Nordpatagonien. Geolog. Rundsch. Bd. XIII, 1922, S. 193—216.
4. H. v. JHERING, Les Mollusques fossiles du Tertiaire et du Crétacé supérieur de l'Argentine. — Anales del Museo Nacional de Buenos Aires, Serie 3ª, Tome VII, Buenos Aires 1907.
 5. O. WILCKENS, Beiträge zur Paläontologie von Patagonien. — Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal., Jahrg. 1921, Bd. I, S. 1—14, Taf. I—III.
 6. H. v. JHERING, Catalogo de Molluscos cretaceos e terciarios da Argentina da collecção do autor. Notas preliminares, editadas pela Redacção da Revista do Museu Paulista, Vol. I, fascicolo nr. 3, São Paulo 1914, mit Übersicht in deutsch.
 7. O. WILCKENS, Die Mollusken der antarktischen Tertiärformation. — Wissenschaftl. Ergebnisse der Schwedischen Südpolarexpedition 1901—1903, Bd. III, Lief. 13, Stockholm 1911.
 8. RALPH TATE, On the occurrence of marine fossiliferous rocks at Kerguelen Island. — Transact. of the Royal Society of South Australia, Vol. XXIV, Adelaide 1900, S. 104—108, Pl. II—III.
 9. H. SUTER, Revision of the tertiary Mollusca of New Zealand. Part I Wellington 1914, Part II Wellington 1915. New Zealand Geological Survey, Palaeontological Bulletin no. 2 and 3. Vgl. auch H. SUTER, Alphabetic List of New Zealand Tertiary Mollusca. Wellington 1918.
 10. H. v. JHERING, Zur Regulierung der malakologischen Nomenklatur. — Nachrichten-Blatt der Deutschen Malakozoologischen Gesellschaft 1906, S. 1—12.
 11. HENRY WOODS, The cretaceous faunas of the north-eastern part of the South Island of New Zealand. — New Zealand Geological Survey. Palaeontological Bulletin no. 4, Wellington 1917.

Bemerkungen über Flußterrassen.

Von R. Sokol.

Unter diesem Titel hat L. HENKEL hier (Jahrg. 1924, S. 144) eine Notiz betreffend meine Besprechung vom Jahre 1921 veröffentlicht, zu welcher Notiz ich folgendes bemerken muß.

1. Ineinanderschachtelung der Terrassen. L. HENKEL schreibt (Jahrg. 1919, S. 144, 9 Zeilen und ein schemat. Bild mit Text), daß „die Verschmälerung der Terrassen nach der Tiefe in Wirklichkeit gar nicht eintritt“. Er bringt dort keine Beweise, wohl aber stellt er die vermutliche einseitige Verlegung des Flußlaufes im schematischen Querprofil in drei Stadien dar. Als Begründung (von welcher HENKEL jetzt spricht) seiner Ansicht kann nur seine Beschreibung der Mainterrassen gelten, aber gegen die Beweiskraft seiner Gründe habe ich (a. a. O. S. 224 u. f.) Einwendung erhoben. Er selbst schreibt (Jahrg. 1919, S. 142): „... das Land ... wurde im Sommer aber monatelang von hochgeschwollenen Flüssen durchrauscht, während in allen Schluchten, die jetzt trocken liegen, starke Bäche zu Tal schossen. Dann begreifen wir, wie breite Täler entstehen konnten, in denen jetzt nur ein schwacher Wasserfaden rinnt.“ — Ich bemerke, daß ein verschmälerter Wasserfaden nur eine verschmälerte Terrasse bilden kann, und wenn in allen Schluchten starke Bäche flossen, so mußte die Verschmälerung der jüngeren Terrassen zur Regel werden.

Heute versucht HENKEL die gegen seine Ansicht sprechende Tatsache der beiderseitigen Terrassen deduktiv durch mäanderartige Kreuzung des alten und des neuen Talbodens — beide gleich breit — zu erklären, indem er ein schematisches Bild vorbringt. Die abgebildete Kreuzung der Talböden kann aber unmöglich aus seinem schematischen Querprofil (Jahrg. 1919, S. 144) abgeleitet werden. Unter den Bedingungen, welche HENKEL in seiner zitierten Arbeit voraussetzt, kann ein neuer Talboden den alten Talboden nicht senkrecht durchschneiden.

2. Die Wassermenge der Flüsse des eisfreien Gebietes in der Eiszeit. Gegen meine Rechnung (im Zitate HENKELS fehlt der Punkt auf dem Zeichen $\frac{1}{3}$) stellt HENKEL eine andere auf, die sich wesentlich von der meinigen nur in der Anfangszahl unterscheidet. Ich setze für die Eiszeit $\frac{1}{3}$, d. h. 33%, HENKEL aber $\frac{3}{4}$, d. h. 75% der jetzigen Niederschläge voraus. HENKEL erhält infolgedessen eine doppelte Wassermenge. Dazu muß ich bemerken, daß die HENKELSchen $\frac{3}{4}$ nicht für ein Gebiet der glazialen „Antizyklone“, d. h. „eine Gegend trockener Winde“ passen. Die Trockengebiete z. B. Rußlands und Zentralasiens weisen jetzt etwa $\frac{1}{3}$, d. h. 33% der in Zentraleuropa üblichen Niederschlagsmenge auf.

Zur Stratigraphie von Patagonien.

Von Otto Wilckens (Bonn).

Aus dem Aufsatz „Zur Kenntnis der kretazeo-eozänen Ablagerungen Patagoniens (Geol. Rundschau XV, S. 305 in diesem Heft) ergibt sich eine erfreuliche Zustimmung v. IHERINGS zu meiner Auffassung der Schichtfolge im außerandinen Patagonien, die ich 1905¹⁾ begründet habe und die von allen späteren Arbeiten bestätigt ist²⁾: Über den kreidischen Dinosauriersandsteinen folgen die marinen Roca- und Salamancaschichten, mit denen das Mesozoikum abschließt, dann die alttertiären Notostylops-, Pyrotherium- und Colpodonschichten³⁾ und darauf die Patagonische Molasse⁴⁾. Heute zweifelt wohl

¹⁾ OTTO WILCKENS, Die Meeresablagerungen der Kreide- und Tertiärformation in Patagonien. N. Jahrb. f. Min., Geol., Pal., Beil.-Bd. XXI, S. 98 bis 195, Taf. V.

²⁾ Vgl. z. B. H. GERTH, Die Fortschritte der geologischen Forschung in Argentinien und einigen Nachbarstaaten während des Weltkrieges. Geol. Rundschau XII, S. 85—86 (1921), und A. WINDHAUSEN, Líneas generales de la constitucion geológica de la region situada al oeste del Golfo de San Jorge. Bol. Ac. Nac. de Cienc. Córdoba XXVII, Tabelle bei S. 194 (1924).

³⁾ Nur über die Stellung der Colpodonschichten konnte ich 1905 noch zu keinem abschließenden Urteil kommen (a. a. O. S. 177).

⁴⁾ Ich benutze die Gelegenheit, um einige Worte über die Aufsätze von W. SCHILLER über die Roca-Stufe beizufügen („Die meerischen Grenzschichten der Kreide und des Tertiärs von Roca in Nordpatagonien.“ Geol. Rundschau XIII, S. 193—216 [1922] und dasselbe in Spanisch in Revista del Museo de La Plata XXVI, S. 256—280, mit 6 Tafeln [1922]). Mein alter Studienfreund bezeichnet die Rocaschichten als Senon-Eozän. Auch jetzt, wo wir den Schichtaufbau und die Faunenverteilung in dieser Stufe durch seine sorgfältigen Untersuchungen so genau kennen, muß ich diese Ablagerungen nach wie vor ins Oberesenon stellen. Solche großen Aporrhaiden wie *Arrhoges gregaria* O. WILCK. kennen wir aus dem Tertiär der ganzen Welt nicht, da-

niemand mehr an dem tertiären Alter der ältesten Säugerfaunen Patagoniens, das ich 1905 im Gegensatz zu FL. AMEGHINO festgestellt habe.

Auch in einigen Einzelheiten, die v. IHERING bespricht, ist meine Übereinstimmung mit ihm größer, als er annimmt. Ich habe z. B. schon 1905¹⁾ von den nahen Beziehungen mancher südpatagonischen Kreideformen zu solchen der Patagonischen Molasse gesprochen. Daß es für mich überhaupt keine *Struthiolaria* gibt, muß ich entschieden bestreiten. Daß aber die Abtrennung von *Struthiolarella* zu Recht besteht, zeigt auch die schöne neue Übersicht über die Struthiolariden von J. MARWICK²⁾. Das Vorkommen von *Lahillia* in Neuseeland habe ich bereits 1920 nachgewiesen³⁾. v. IHERING'S Prophezeiung, daß *Lahillia* sich in Chile finden würde, kommt post festum oder ist vielleicht nur ein lapsus calami; denn die Gattung ist ja schon lange aus der Kreide und dem Tertiär von Chile bekannt⁴⁾.

Eine Meinungsverschiedenheit besteht zwischen v. IHERING und mir bezüglich des Alters der Patagonischen Molasse, die ich als oberoligozän oder untermiozän bezeichnet habe⁵⁾, während v. IHERING sie für eozän hält. Wenn v. IHERING sich dabei auf die faunistischen Beziehungen dieser Formationsstufe zum neuseeländischen Tertiär und auf die Forschungen von SUTER bezieht, so hätte er sich auch mit der Tatsache beschäftigen müssen, daß SUTER⁶⁾ die Arten, die das patagonische und das neuseeländische Tertiär gemeinsam haben, sämtlich ins Miozän stellt. Als solches betrachten auch alle neueren Forscher in Neuseeland diejenigen Tertiärablagerungen dieser Insel, die für den Vergleich mit der Patagonischen Molasse in Frage kommen⁷⁾. Zwischen der marinen Oberkreide und der Patagonischen Molasse liegen in Patagonien die Bildungen mit Säugerresten, von denen SCOTT⁸⁾ die Notostylopsschichten ins Eozän, die Astrapontusschichten ins Eozän oder Oligozän, die Pyrotheriumschichten ins Oligozän stellt. Daß sich das Alter dieser isolierten,

gegen sind sie für das Obersenon von Neuseeland und Südpatagonien sehr bezeichnend. *Ostrea Wilckensi* v. IH. und mit ihr *Verruca stroemia* MÜLL. var. *rocana* STEINM. geht von der Schichtgruppe 1c bis in 1f hinauf. Große Altersunterschiede bestehen also auch zwischen 1c und 1f nicht. Daß in der patagonischen Kreide Gattungen vorkommen, die in der Patagonischen Molasse weiterleben, ändert nichts an der Altersbestimmung. Auf keinen Fall sind die Rocaschichten tertiär.

¹⁾ In der angeführten Arbeit S. 190, Anm. 2.

²⁾ „The Struthiolaridae“ in Trans. New Zeal. Inst. 55, S. 161—190 (1924).

³⁾ OTTO WILCKENS, Die Bivalvenfauna des Obersenons von Neuseeland. Centralbl. f. Min., Geol., Pal. 1920, S. 264—265. Eine Arbeit von mir über die neuseeländischen Kreide-Lahillien wird demnächst in den Trans. New Zealand Institute erscheinen.

⁴⁾ Siehe die Beschreibungen von R. A. PHILIPPI in „Die tertiären und quartären Versteinerungen Chiles“, S. 135—136, und von OTTO WILCKENS in „Revision der Fauna der Quiriquina-Schichten“ (N. Jahrb. f. Min., Geol., Pal., Beil.-Bd. XVIII), S. 237—241.

⁵⁾ In der angeführten Arbeit S. 164.

⁶⁾ H. SUTER, Revision of the Tertiary Mollusca of New Zealand, based on Type Material, Part I. New Zealand Geol. Survey Pal. Bulletin Nr. 2, 1914.

⁷⁾ H. SUTER, Lists of New Zealand Mollusca etc. With Notes and a Review of Results, etc. by P. G. MORGAN. New Zealand Geol. Survey Pal. Bull. Nr. 8, 1921, S. 100—101. Auch MARWICK, a. a. O. S. 171.

⁸⁾ W. B. SCOTT, A History of Land Mammals in the Western Hemisphere (1913), S. 281, 282, 242, 261. Ähnlich auch SCHLOSSER in ZITTELS Grundzügen der Paläontologie, II. Vertebrata.

mit keinen anderen in Berührung gekommenen Faunen schwer genau bestimmen läßt, ist selbstverständlich. Worauf es hier ankommt, ist die Tatsache, daß in Patagonien in der Zeit zwischen den beiden marinen Transgressionen eine weitgehende Entwicklung der Säugerfauna stattgefunden hat, die einen längeren geologischen Zeitraum ausgefüllt haben muß.

Auf die paläontologischen Einzelheiten des v. IHERINGSchen Aufsatzes darf ich in unserer Geologischen Rundschau, die eine Zeitschrift für allgemeine Geologie ist, nicht näher eingehen. Ich konnte ihre Spalten wohl einem hochverdienten Auslandsdeutschen und Freunde unserer Zeitschrift ausnahmsweise einmal für solche Erörterungen zur Verfügung stellen, darf sie aber als Schriftleiter selbst nicht dafür in Anspruch nehmen.
