

Untersuchungen über die Diagonalstructur verschiedener Schichten mit Rücksicht auf die Entstehung derselben im Buntsandstein und über die Bewegungen zwischen Landfeste und Meer zur Zeit der Ablagerung des Buntsandsteins und des Muschelkalks in Deutschland.

Von Herrn **W. Frantzen** in Meiningen.

(Hierzu Tafel XI—XVI.)

Als vor mehreren Jahren eine Abhandlung des Herrn J. G. BORNEMANN in Eisenach ¹⁾ über den Muschelkalk erschien, worin von demselben die bisher allgemein für richtig gehaltene und auch bei der geologischen Landesaufnahme officiell zur Anwendung kommende Gliederung des Wellenkalks angegriffen wurde, glaubte der Verfasser des vorliegenden Aufsatzes nach der von Herrn BORNEMANN gegebenen Begründung seiner abweichenden Meinung annehmen zu müssen, dass derselbe durch die hie und da etwas kümmerliche Ausbildung einiger oolithischen und schaumigen Schichten des Wellenkalks in der Umgegend von Eisenach und durch unrichtige Angaben der Autoren über die Zusammensetzung des Wellenkalks in anderen Gegenden zu falschen Schlussfolgerungen verleitet worden sei.

Ich habe mich für verpflichtet gehalten, auf diese Arbeit in einem ebenfalls im Jahrb. der preuss. geologischen Landesanstalt ab-

¹⁾ J. G. BORNEMANN, Beiträge zur Kenntniss des Muschelkalks, insbesondere der Schichtenlage und der Gesteine des Unteren Muschelkalks in Thüringen. Dieses Jahrbuch für 1885, S. 267.

gedruckten Aufsätze ¹⁾ zu antworten, weil ich nicht nur bei geologischen Aufnahmen in der Eisenacher Gegend den Wellenkalk da selbst genau kennen gelernt, sondern auch, weil Herr BORNEMANN seine Angriffe zum grossen Theil an meine Adresse gerichtet hatte, und dabei so weit gegangen war, zu behaupten, dass er »solche Angaben, wie diejenige, dass die Bänke α und β bei Meiningen mit den Bänken α und β an der Hainleite identisch seien, für willkürliche Behauptungen ansehe, denen die wissenschaftliche Begründung abgehe« ²⁾. In dieser Arbeit habe ich mich sehr eingehend mit dem Wellenkalk der Eisenacher Gegend beschäftigt und an zahlreichen Beispielen gezeigt, dass derselbe dort im grossen Ganzen nicht anders gebaut ist, wie an anderen Orten in der Umgebung des Thüringer Waldes, und dass die von BORNEMANN behaupteten Verschiedenheiten theils in Wirklichkeit nicht existiren, theils solche locale Abweichungen sind, wie sie auch an anderen Orten und in anderen Formationen nicht selten beobachtet werden.

Eine in Folge dieses Streites durch die Direction der Kgl. preuss. geol. Landesanstalt zu Berlin über die Gliederung des Wellenkalks in anderen Gegenden angeordnete Untersuchung, welche durch Herrn Professor v. KOENEN und den Verfasser vorgenommen wurde, und welche sich über ein weites Gebiet, vom Harze bis nach Westfalen und bis in die Gegend von Osnabrück hin erstreckte, hat die Richtigkeit meiner Ansicht über die weite Verbreitung der oolithischen und schaumigen Bänke des Wellenkalks vollauf bestätigt. Die Resultate dieser Untersuchung sind in zwei im Jahrb. d. preuss. geol. Landesanstalt abgedruckten Aufsätzen veröffentlicht worden ³⁾. Sie lieferte den Beweis, dass auch an denjenigen Orten, an welchen nach den Beobachtungen aus der

¹⁾ W. FRANTZEN, Untersuchungen über die Gliederung des Muschelkalks etc. Dieses Jahrbuch für 1887, S. 1.

²⁾ a. a. O., S. 320.

³⁾ W. FRANTZEN und A. v. KOENEN, Ueber die Gliederung des Wellenkalks im mittleren und nordwestlichen Deutschland. Dieses Jahrbuch für 1888, S. 440.

W. FRANTZEN, Untersuchungen über die Gliederung des Unteren Muschelkalks im nordöstlichen Westfalen und im südwestlichen Hannover. Dieses Jahrbuch für 1889, S. 453.

ersten Zeit der geologischen Landesuntersuchung größere Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der Schichten vorzukommen schienen, die Uebereinstimmung mit der Zusammensetzung derselben am Thüringer Walde eine nahezu vollkommene ist; dass der Wellenkalk an der Westgrenze von Westfalen noch fast gerade so aussieht, wie in Thüringen und dass ein Theil der oolithischen und schaumigen Bänke sogar noch bei Osnabrück vorkommt, hier jedoch nur noch in sehr verkümmertem Zustande.

Seit der Veröffentlichung dieser Untersuchungen sind zwei weitere Arbeiten des Herrn BORNEMANN erschienen:

1) J. G. BORNEMANN, Ueber den Muschelkalk, Dieses Jahrbuch für 1888, S. 415 und

2) Dr. J. G. BORNEMANN, Ueber den Buntsandstein in Deutschland und seine Bedeutung für die Trias. Jena 1889,

aus deren Inhalt deutlich hervorgeht, dass die Ursache des Widerspruchs des Herrn BORNEMANN gegen die Auffassung der oolithischen und schaumigen Bänke des Wellenkalks als sehr weit verbreiteter geologischer Horizonte eine ganz andere war, als ich vorausgesetzt hatte; dass derselbe gar nicht auf speciellen Untersuchungen des Wellenkalks beruht, sondern auf einer von BORNEMANN aufgestellten seltsamen Theorie, welche er in seiner Arbeit über den Buntsandstein zu begründen sucht. Die erste Arbeit über den Muschelkalk ist nichts, als ein Vorstoss gewesen, um für diese Theorie freie Bahn zu machen.

Nach der neuen Lehre BORNEMANN's soll der Hauptbuntsandstein nicht im Wasser geschichtet, sondern Dünen sand, also eine Bildung des festen Landes sein. Das Verhältniss desselben zum Röth und zum Wellenkalk stellt sich BORNEMANN so vor: Er nimmt an, der Hauptbuntsandstein sei entweder in Folge des Sinkens des Landes oder in Folge des Steigens des Meeres allmählich unter den Meeresspiegel in schräger Lage untergetaucht. Bei diesem Vorgange soll durch Einebnen der Dünenkämme der Chirotheriensandstein entstanden sein, der also nach dieser Auffassung überall eine Strandbildung sein müsste; »darüber und daneben« soll sich in seichterem Wasser in der Nähe der Küste der Röth abgelagert und gleichzeitig, weiter von ihr entfernt, an

tieferen Stellen des Meeres, der Wellenkalk gebildet haben. »Bei der Bildung dieser Schichten«, so lauten BORNEMANN's eigene Worte, »haben sich die zunächst der Küste gebildeten Zonen nicht mit horizontaler Schichtung, sondern vom Lande nach dem Meere zu abfallend auf- und aneinander gelegt. Mit dem Sinken des Landes oder dem Empordringen des Wasserspiegels mussten sich die Bildungszonen landeinwärts verschieben.«

Es ist einleuchtend, dass mit dieser Ansicht über das Verhältniss der Triasschichten zu einander die Vorstellung, dass die Schaumkalkbänke des Wellenkalks an weit von einander liegenden Orten gleichzeitig entstanden seien, in vollkommenem Gegensatze steht. Wenn man die Abhandlung BORNEMANN's über den Buntsandstein gelesen hat, begreift man erst, warum derselbe in den vorher veröffentlichten Arbeiten über den Muschelkalk auf Mittheilungen über angebliche oder wirklich vorhandene Abweichungen der Bänke des Unteren Muschelkalks von ihrer gewöhnlichen Beschaffenheit, wie Verschmälerungen derselben, Verminderung oder gänzliches Verschwinden der Oolithkörner in den oolithischen Bänken, besonders aber auf das Auskeilen derselben auf grösseren oder kleineren Strecken grosses Gewicht legt, so grosses, dass er ganz vergisst, dass es auf das Vorhandensein derartiger Erscheinungen, die man ähnlich an allen ausgedehnten Ablagerungen kennt, an und für sich gar nicht ankommt, sondern darauf, wie die Schichten im grossen Ganzen ¹⁾ aussehen.

Die weite Kluft zwischen meiner und der BORNEMANN'schen Auffassung vom Bau des Unteren Muschelkalks lässt sich offenbar durch locale Untersuchungen nicht überbrücken. Ich habe daher, nachdem ich die wahre Ursache des Widerspruchs des Herrn BORNEMANN gegen meine Auffassung kennen gelernt habe, es nicht für nöthig gehalten, auf die zweite, im Jahrbuche für 1888 abgedruckte Arbeit BORNEMANN's, welche die Antwort desselben auf meine im Jahrbuch für 1887 abgedruckte Ab-

¹⁾ Es liegt durchaus kein Denkfehler vor, wie Herr BORNEMANN meint, wenn man bei der Erörterung solcher Verhältnisse von »normalen« Profilen oder »verkümmerten« Bänken redet. Es sind dies übrigens Bezeichnungen, welche längst das Bürgerrecht erworben haben.

handlung ist und sich ebenfalls mit localen Verhältnissen beschäftigt, irgend etwas zu erwidern, und werde dies auch in Zukunft nicht thun, zumal derartige Untersuchungen localer Verhältnisse in weiteren Kreisen wenig Interesse erregen. Dagegen halte ich es für wünschenswerth, die Principienfrage näher zu beleuchten. Ich werde dabei zeigen, dass die BORNEMANN'sche Transgressionstheorie auf falschen Voraussetzungen beruht und gänzlich unhaltbar ist.

Dieselbe stützt sich hauptsächlich auf die schon von älteren Forschern ausgesprochene Ansicht, dass der Buntsandstein keine marine Ablagerung, sondern eine Bildung des Festlandes sei. BORNEMANN geht aber noch weiter und erklärt ihn sogar für Dünen sand. Unter den Beweisen, welche er für diese Ansicht beibringt, spielt die bekannte, im Buntsandstein weit verbreitete Diagonalstructur der Schichten die erste Rolle. Ich werde mich daher zunächst damit beschäftigen, diese Structurart an solchen Schichten zu untersuchen, deren Entstehungsart bekannt ist, um daraus weiterhin Schlüsse über die Entstehung der Schichten des Buntsandsteins zu ziehen.

Die Diagonalstructur der fluviatilen Ablagerungen.

Die Diagonalstructur kommt, wenngleich BORNEMANN dies in Abrede stellt, in ganz charakteristischer Weise, jedoch mit einer gewissen, gleich näher zu besprechenden Modification an den Ablagerungen unserer Ströme aus älterer und neuerer Zeit vor. In ganz ausgezeichneter Weise ist sie z. B. an der in diluvialer Zeit entstandenen Ablagerung von Werrasand an der NW. - Seite des Drachenberges bei Meiningen ausgebildet.

Ich habe diese sehr bemerkenswerthe Ablagerung bereits früher mehrfach erwähnt¹⁾, und will hier nochmals auf die Ver-

¹⁾ W. FRANTZEN, Uebersicht der geologischen Verhältnisse bei Meiningen. Berlin 1882.

W. FRANTZEN, Die Entstehung der Lösspuppen in den älteren lössartigen Thonablagerungen des Werrathales bei Meiningen. Dieses Jahrb. für 1885, S. 257.

Erläuterungen zur geologischen Specialkarte von Preussen etc., Blatt Meiningen, S. 47.

hältnisse derselben zurückkommen, weil der Aufbau dieser Sedimente, deren Entstehungsgeschichte klar vor unseren Augen liegt, geeignet ist, uns über die Entstehung des aus ganz gleichem Materiale zusammengesetzten Buntsandsteins aufzuklären.

Als unterstes Glied der Ablagerung finden sich grobe Flussgerölle, welche auf einer breiten, ziemlich weit von dem jetzigen Flusslaufe entfernten Terrasse, der ehemaligen Thalsole, in grösserer oder geringerer Menge umherliegen. Sie sind der letzte Rest eines ehemals ohne Zweifel auch hier vorhanden gewesenen, später aber durch die allgemeine Denudation bis auf diesen Rest wieder zerstörten Geröllagers, wie solche sich an anderen Stellen des Werrathales häufig unter dem Sande auf solchen alten Thalstufen noch jetzt vorfinden. Ueber dieser Ablagerung erscheint auf dem höchsten Theil der Terrasse nahe an der alten Thalwand das Sandlager. An seiner Basis trifft man zur Zeit unmittelbar über dem die Thalwände bildenden Wellenkalk eine etwa 30 Centimeter mächtige Schicht von sehr zähem Thon. Der darüber folgende Sand hat eine Mächtigkeit von etwa 7 Meter und ist oben in der Regel durch eingedrungenen kohlensauren Kalk zu Kugelsandstein oder zu festem, compactem Sandstein verkittet. Er ist theilweise rein, theilweise aber durch Thon ein wenig verunreinigt. In einzelnen dünnen Lagen nimmt der Thongehalt so überhand, dass man das Material zu Bausand nicht gebrauchen kann und zu dem Abraum werfen muss. Auch kommen in dem Sande wohl kleine Thonnesten vor, jedoch nur selten. Dem Sande ist mehr oder weniger Flussgerölle beigemischt, welches aber hier nur geringe Dimensionen erreicht. Der Durchmesser dieser feineren Geschiebe geht gewöhnlich über 3 Centimeter nicht hinaus; Geschiebe von 5 Centimeter Durchmesser sind schon ziemlich selten.

Das oberste Glied der Ablagerung ist Thon. Ich habe schon früher den Beweis erbracht, dass auch dieses Material, wenigstens zum grössten Theil, von der Werra angeschwemmt worden ist. Der Thon bildet über dem Sande eine gegen $2\frac{1}{2}$ Meter mächtige Decke, ist geschichtet, theils gelblich, theils durch beigemischten

Röththon stark roth gefärbt, in einzelnen Lagen fett, in anderen kalkhaltig oder durch eingeschwemmte Wellenkalkbrocken mehr oder weniger verunreinigt¹⁾.

Ich werde später auf die Zusammensetzung dieser Ablagerung noch zurückkommen, und wende mich zunächst zu der hier am meisten interessirenden Erscheinung an dieser Ablagerung, zur Untersuchung ihrer Schichtung und der Structurverhältnisse der einzelnen Lagen.

Ich habe auf Tafel XI eine photographische Ansicht des unteren Theiles des Sandlagers herstellen lassen, welche dasselbe im Durchschnitt von Süden nach Norden, parallel mit der Richtung des alten Strombettes zeigt.

Man sieht in der Abbildung, dass das Sandlager in horizontale Schichten getheilt ist, und dass die einzelnen Lagen sehr regelmässig diagonal gestreift sind, ganz ähnlich, wie die Schichten des Buntsandsteins. Die Schichten sind meistens gegen 0,3 bis 0,4 Meter dick, gehen auch wohl auf 0,2 Meter Mächtigkeit herab, während einige andere auf 0,5 Meter oder auch wohl noch etwas mehr anschwellen. Einige erstrecken sich über den grössten Theil der durch die Abgrabungen entstandenen langen Wand, während andere sich allmählich auskeilen.

Die Sichtbarkeit der Streifung des Sandes ist durch Verschiedenheit der Korngrösse und durch Verschiedenheit der Färbung bedingt. Die Streifung richtet sich an dieser Stelle in allen Lagen ganz regelmässig flussabwärts, sodass das Maximum ihrer Neigung parallel mit der Richtung des früheren Flusslaufes

¹⁾ Die rothe Färbung eines Theiles dieser Schichten durch Röththon, welcher nur aus weiter Entfernung durch die Fluthen der Werra in diese Ablagerung gelangt sein kann, ist eine sehr auffallende Erscheinung. Ihr Vorhandensein beweist, dass die Hochfluthen, welche diese Sande und Thone hergeschwemmt haben, eine ganz ausserordentliche Höhe erreicht haben müssen; denn bei keiner von mir beobachteten Hochfluth der Werra, selbst nicht bei dem Hochwasser im November 1890, wohl dem grössten dieses Jahrhunderts, durch welches das Werrathal in seiner ganzen Breite und auch ein sehr grosser Theil der Stadt Meiningen unter Wasser gesetzt wurde, habe ich eine so rothe Färbung des Wassers, wie zur Färbung des Thonlagers nöthig wäre, bemerkt. Sie war immer nur sehr schwach.

geht. Der Winkel der Neigung steigt bis auf etwas über 30° ; im Durchschnitt mag er etwa 23° betragen, geht aber unter diese Ziffer an einigen Stellen noch ansehnlich herunter.

An der Oberfläche jeder Sandschicht beginnt die Streifung steil und recht scharf. Sie behält ihre Richtung an dem grössten Theil der schiefen Ebene bei, verflacht sich aber in der Nähe der unteren Schichtfläche mehr und mehr und verfließt unten ganz allmählich in die Horizontale.

Die Art und Weise, wie die Streifung gebildet wurde, liegt hier klar zu Tage. Jede Welle riss über den Untergrund fortrollend eine ihrer Stosskraft entsprechende Menge Sand und Schlamm mit sich fort und liess das Material, es bei der Bewegung nach der Korngrösse separirend, wieder fallen, sobald die Stosskraft erlahmte, wobei die niederfallende Masse sich annähernd unter dem durch die Korngrösse des Materials bedingten Böschungswinkel abböschte.

GÜMBEL hat nach diesem Vorgange die Diagonalschichtung ganz treffend auch als Uebergusschichtung bezeichnet.

Es ist klar, dass in allen Schnitten, welche mit der Richtung der grössten Geschwindigkeit des Wassers einen Winkel machen, sich die Neigung der Diagonalstreifung gegen den Horizont mit der Zunahme desselben mehr und mehr verflachen, und dass sie, eine ganz regelmässige Ausbildung der Uebergusschichtung vorausgesetzt, rechtwinklig gegen die Richtung des Wasserlaufes gleich Null werden muss. In Schnitten nach dieser Richtung würde also von Uebergusschichtung nichts zu sehen sein.

Die Bedingung für die Entstehung einer so regelmässigen Diagonalstreifung, wie ich sie im Bilde (Taf. XI) vorgeführt habe, ist natürlich ein ganz regelmässiger, ungestörter Abfluss des Wassers. Da diese Bedingung bei Hochfluthen aber nicht immer erfüllt wird, so kann auch die Diagonalschichtung nicht überall so regelmässig sein, wie in dem eben betrachteten Falle.

Die hierbei in Betracht kommenden störenden Einflüsse sind besonders: Ablagerungen von Kies- und Sandbänken in den Flussläufen, Stauungen durch Eismassen bei Eisgang, Erweiterungen oder Verengerungen der Flussbetten, Serpentine, Einmündungen

von Nebenflüssen u. s. w. Durch neu entstandene Kies- und Sandbänke wird sehr gewöhnlich die Lage der Hauptströmung des Wassers geändert. Dadurch werden natürlich häufig Abschwemmungen von den bereits gebildeten Ablagerungen hervorgerufen. So entstehen Schichten mit keilförmig zulaufenden Flächen und muldenförmige Ablagerungen von Sand innerhalb der älteren Sandanschwemmungen, in welchen der abgesetzte Sand eine nach anderer Richtung verlaufende Streifung zeigen kann. Es kommt bei der Bildung von Kies- und Sandbänken auch wohl vor, dass in kleinen Flussarmen das Wasser der Richtung des Flusses entgegen läuft. So kann ausnahmsweise auch wohl an den angeschwemmten Sandmassen eine dem Laufe des Flusses entgegengesetzte Streifung entstehen.

Die Tafel XII zeigt eine Stelle der kleineren der beiden Sandgruben des Drachenberges, an welcher unregelmässige Diagonalschichtung vorkommt.

Unten im Bilde sieht man am Fusse der durch die Abgrabung des Sandes entstandenen Wand lockeren, von derselben heruntergefallenen Sand; darüber — in der Mitte und an der rechten Seite des Bildes — Sandschichten mit sehr verschiedener Streifung, während sie in dem grössten Theil des Bildes auch hier mit der Richtung des alten Flusslaufes von oben rechts nach unten links geht. Ihre Neigung ist in diesem Bilde im Allgemeinen weniger steil, als in der Abbildung der Tafel XI¹⁾. Es hat dies seinen Grund in der schrägen Lage der abgebildeten Wand gegen die Richtung des alten Flusslaufes.

Es ist unnöthig, auf die grosse Aehnlichkeit, welche die eben von mir beschriebene Structur dieser diluvialen Sandablagerung der Werra mit der Diagonalstructur des Buntsandsteins hat, besonders hinzuweisen. Sie unterscheidet sich nur dadurch von ihr, dass sie in der Regel nur nach einer Seite gerichtet ist.

¹⁾ Der starke, im Bilde am obersten Rande der Wand unter dem Rasen erscheinende Schlagschatten rührt von einer vorspringenden Lage von Kugelsandstein her, der hier, wie schon oben erwähnt wurde, fast überall im obersten Theile des Sandlagers erscheint.

Herr BORNEMANN ist auch in dieser Angelegenheit zu einem ganz anderen Resultat gekommen, wie ich. Er sagt auf Seite 16 seiner Arbeit über den Buntsandstein bei der Untersuchung der durch strömendes Wasser erzeugten discordanten Schichtungen: »Bildungen dieser Art haben in ihrem Aufbau einen ganz anderen Charakter, als die Diagonalstructur oder Windschichtung.« Dabei bildet er eine sehr unregelmässige Diagonalschichtung ab, als wäre dieselbe für die Schichtung der durch strömendes Wasser erzeugten Sandablagerungen typisch. Dass diese Ansicht durchaus falsch ist, habe ich eben an einem bestimmten Beispiele bewiesen.

Die Diagonalstructur an marinen Gesteinen.

Ich wende mich nun zur Untersuchung der Diagonalstructur an Schichten, deren marine Bildung ausser allem Zweifel steht, zur Diagonalstructur an Schichten des Wellenkalks.

Aus dieser Schichtenreihe ist diagonale Structur, soweit ich mich erinnere, bisher nur von ECK in seiner Arbeit über den Muschelkalk bei Rüdersdorf¹⁾ erwähnt worden. Sie kommt aber am Thüringer Walde in diesen Schichten gar nicht selten vor, und wird wahrscheinlich auch anderswo am Wellenkalk und anderen marinen Kalken in weiter Verbreitung aufgefunden werden, wenn man mehr darauf achten wird.

Ganz typisch und genau so, wie am Buntsandstein, zeigt sich die Diagonalstructur im obersten Theil des Wellenkalkes bei Meiningen, besonders schön im Schaumkalk der Zone δ.

Ich hatte diese Structur hier zwar schon vor einer langen Reihe von Jahren, besonders an der unteren Schaumkalkbank, an den bläulichen Streifen, welche den Schaumkalk zuweilen in diagonalen Richtung durchziehen, bemerkt. In wie hohem Grade sie aber an der unteren Bank entwickelt ist, kam erst in den letzten Jahren durch den Betrieb von 3 grossen Steinbrüchen in der oberen Kuhtrift bei Meiningen zum Vorschein. Am schönsten trat die Diagonalstructur hier hervor, als in dem am weitesten nach

¹⁾ H. Eck, Rüdersdorf und Umgegend, Abhandlungen zur geologischen Spezialkarte von Preussen etc. S. 68.

Süden gelegenen Steinbruche der Betrieb eine das Gestein senkrecht durchsetzende, sich durch den ganzen Steinbruch in einer Länge von 56 Meter hinziehende Kluft antraf. Durch dieselbe ist das Tagewasser eingedrungen und hat beim Abwärtsfliessen an den Wänden der Spalte das Gestein angenagt und dabei die Textur des Gesteins in prachtvollster Weise herauspräparirt. Auf den Tafeln XIII und XIV ist diese Wand nach zwei photographischen Aufnahmen dargestellt.

Die Tafel XIII zeigt auf der rechten Seite des Bildes die eben erwähnte, von Norden nach Süden verlaufende Felswand, an der man die Schaumkalkbank deutlich von dem gewöhnlichen Wellenkalk unterscheiden kann. Auf der linken Seite des Bildes sieht man eine zweite, ebenfalls durch eine von Osten nach Westen laufende Kluft begrenzte, schmale Felswand, an welcher südlich der Steinbruch aufhört¹⁾.

¹⁾ Der Schaumkalk reicht in der Abbildung der Tafel XIII von dem an der Basis der Bank aufgehäuften, an der hellen Beleuchtung im Bilde leicht kenntlichen Schutte an 69 Millimeter weit aufwärts. Da diese Höhe in Wirklichkeit 1,72 Meter beträgt, so ist das Verhältniss des Bildes zur wirklichen Grösse gleich 1:25.

Auf der Tafel XIV, welche die Bank zur Verdeutlichung des Details in grösserem Maassstabe zeigt, reicht sie im Bilde von dem unten liegenden Schutt an, und zwar an der Stelle, wo in der Mitte des Bildes eine senkrecht durch das Gestein setzende Kluft zu sehen ist, 148 Millimeter hoch aufwärts. Diese Länge im Bilde beträgt in Wirklichkeit 1,72 Meter. Der Maassstab des Bildes ist also gleich 1:11,6.

Da mit Rücksicht auf die Abbildungen dem einen oder anderen Fachgenossen genauere Mittheilungen über die Zusammensetzung der Schaumkalkbank vielleicht erwünscht sind, so füge ich hier eine Beschreibung der einzelnen Lagen bei. Sie sind von oben nach unten aufgeführt; in Klammern ist bei den Maassen angegeben, wie dick die einzelnen Lagen an der Stelle der Kluft im Bilde erscheinen.

1. 0,29 Meter (27 Millimeter) Schaumkalk, grösstentheils mit gewöhnlicher, stellenweise mit diagonalen Structur.

2. 0,16 Meter ($13\frac{1}{2}$ Millimeter) Schaumkalk, wechselnd mit horizontal liegenden Streifen von blauem Kalk mit etwas wulstigen oder zackigen Schichtflächen. Die Streifung ist im Allgemeinen die gewöhnliche, horizontale; nur links von der Kluft bemerkt man an einer Schaumkalklage schräg von Norden nach Süden gerichtete Diagonalstructur.

3. 0,17 Meter Schaumkalk (14 Millimeter). Die Structur dieser Schicht ist rechts von der Kluft diagonal; links geht sie jedoch bald in gewöhnliche

Die Sichtbarkeit der diagonalen Structur ist im Schaumkalk durch die Verschiedenheit des das Gestein zusammensetzenden Materials bedingt.

Es wechselt in den diagonal gestreiften Lagen gewöhnlicher, blauer, oolithfreier Kalk in dünnen Streifen mit porösem Schaumkalk ab. Ist derartiges Gestein längere Zeit hindurch der auflösenden Einwirkung von Sickerwasser ausgesetzt, so greift dasselbe den porösen Schaumkalk mehr an, als den dichten Kalk. Es entstehen daher an denjenigen Stellen, wo der Schaumkalk liegt, kleine Hohlkehlen, an der Stelle des dichten Kalks Hervor-

Horizontalstreifung über. Die Diagonalstreifung ist hier eine sehr feine und wechselt 4 Mal ihre Richtung.

4. 0.155 Meter ($13\frac{1}{2}$ Millimeter) blauer Kalk. Derselbe ist dicht und zeigt im Innern der Masse keine Schichtfugen: jedoch lassen zahlreiche, feine, auch in der Abbildung kenntliche Hervorragungen und Grübchen an ihrer etwas in die Länge gezogenen Form erkennen, dass das Gestein im oberen Theil der Schicht Horizontalstructur besitzt. In dem unteren Theil derselben ist die Kalkmasse in wunderlichen Wülsten durcheinander gewurstet.

Die obere Schichtfläche der Lage ist stellenweise rau und zackig, enthält auch viele Stylolithen, Eigenthümlichkeiten, welche an den oolithfreien Einlagerungen von blauem Kalkstein in den schaumigen Bänken des Wellenkalks häufig vorkommen.

In der Abbildung auf Tafel XIV ist diese Schichtfläche an dem starken Schatten und an der unebenen Beschaffenheit derselben leicht kenntlich, ebenso auch in dem Bilde der Tafel XIII.

5. 0,335 Meter (28 Millimeter) Schaumkalk, rechts von der Kluft mit grober Diagonalstreifung, links mit Horizontalstructur.

6. 0,34 Meter (31 Millimeter) Schaumkalk. Von dem darüber liegenden Schaumkalk ist diese Lage nur an einzelnen Stellen durch eine Schichtfuge getrennt. An ihr und an der unter Ziffer 5 angeführten tritt in Folge der grossen Dicke der Streifung die Diagonalstructur am deutlichsten hervor.

7. 0,31 Meter Schaumkalk. Diese Schicht ist unten durch Schutt etwas verdeckt und an der abgebildeten Stelle nur 0,26 Meter (23 Millimeter) hoch sichtbar. Sie zeigt gewöhnlich horizontale und nur an einzelnen Stellen diagonale Structur.

Die Lage 7 ist die unterste Lage von typischem Schaumkalk. Jedoch liegt unter ihr bis zum gewöhnlichen Wellenkalk noch eine am südlichen Ende des Steinbruches aufgeschlossene, 0,51 Meter mächtige Lage, welche man allenfalls auch noch zur Schaumkalkbank rechnen könnte. Sie besteht aus festem, blauem Kalk, ganz derselben Art, wie er als Einlagerung im Schaumkalk vorkommt. Er zeigt, wie dieser, rauhe Schichtflächen und enthält auch wie der Schaumkalk einige Encrinitenstiele und vereinzelte, von ausgelaugten Oolithkörnern herrührende Poren.

ragungen, wodurch die innere Textur des Gesteins deutlich sichtbar wird. An frischen Bruchflächen, wie sie durch gewaltsames Ablösen des Gesteins bei dem Brechen desselben entstehen, ist die Diagonalstructur am Schaumkalk nur bei aufmerksamer Betrachtung des Gesteins zu erkennen. Sie zeigt sich dann besonders an der Verschiedenheit der Färbung des verschiedenen Materials, die aber gewöhnlich nicht sehr gross ist und daher leicht übersehen werden kann.

Der Bau der einzelnen Streifen ist im Schaumkalk ganz derselbe, wie an dem diluvialen Sande des Drachenberges. Die Streifung beginnt auch hier oben plötzlich, läuft gerade abwärts bis nahe zur unteren Schichtfläche, wird hier flacher und verfließt unten mit derselben. Ihre Neigung fand ich etwas geringer, als an den Sandschichten des Drachenberges; doch rührt dies wohl nur von einer Abweichung der Richtung der Felswand von der Richtung des Maximums der Neigung her.

Die Streifung ist bald gröber, bald feiner in den verschiedenen Schichten, und zwar im Allgemeinen gröber an den dicken Lagen, feiner an den dünnen. An einer grob gestreiften Lage zählte ich auf 20 Centimeter Breite etwa 17, an einer sehr fein gestreiften aber 9 Streifen auf $3\frac{1}{2}$ Centimeter. Es kommt also in der einen Lage 1 Rippe auf 1,2, in der andern aber schon auf 0,4 Centimeter.

Es hängt diese Verschiedenheit ohne Zweifel mit der verschiedenen Intensität der Strömungen, durch welche das Material der einzelnen Schichten herbeigeführt wurde, zusammen. Starke Strömungen reissen natürlich mehr Schlamm vom Meeresgrunde los, als schwache; sie bilden dickere Schichten und dickere Streifen, als jene.

Durch eine Eigenthümlichkeit unterscheidet sich die Diagonalstructur des Schaumkalks wesentlich von derjenigen der fluvialen Ablagerungen, nämlich durch den raschen Wechsel der Richtung der Streifung, die im Schaumkalk bald von links nach rechts, bald von rechts nach links geht. Wie ich schon in der in einer Anmerkung gegebenen Beschreibung der einzelnen Lagen der unteren Schaumkalkbank erwähnt habe, wechselt die Streifung

in der Schicht 3 in den über einander liegenden Lagen nicht weniger als 4 Mal!

Es ist klar, dass diese Verschiedenheit von der verschiedenartigen Bewegung des Wassers in den Flüssen und im Meere herrührt. Dort ist sie einseitig von der Quelle an flussabwärts gerichtet, während die Meeresströmungen unter dem Einflusse der Gezeiten und der Stürme ihre Richtung häufig ändern. Ein Wechsel in der Richtung der Strömung bedingt aber einen Wechsel in der Richtung der Streifung. Es ist daher eine Schicht, welche, wie die oben erwähnte Schicht 3 der unteren Schaumkalkbank bei Meiningen, in verschiedener Höhe verschieden gerichtete Streifung zeigt, im Grunde keine einfache Schicht, sondern sie ist aus mehreren Schichten zusammengesetzt, deren Trennungsf lächen nicht deutlich zu sehen sind.

Man darf aus dieser Betrachtung den Schluss ziehen, dass Schichten mit ihre Richtung häufig wechselnder Diagonalstreifung im Meere entstanden sein müssen.

Wir erkennen ferner an dem Aufbau der unteren Schaumkalkbank bei Meiningen, dass man sich das verschiedenartige Material der Bank, den blauen Kalkschlamm und die Oolithkörner, nicht als genau an derselben Stelle entstanden vorstellen darf, wo wir es jetzt liegen sehen. Das Vorkommen der Diagonalstreifung der Schaumkalklagen beweist, dass der Schlamm auf dem Meeresgrunde vielfach hin und her bewegt, und dass er dabei separirt wurde, genau so, wie der Thonschlamm und der Sand in den fluviatilen Ablagerungen. Die blauen Kalklagen mit horizontaler Streifung sind offenbar die Absätze einer kurzen Periode, während welcher das Wasser an dieser Stelle verhältnissmässig ruhig war.

Es darf also eine aus verschiedenen Lagen von blauem Kalk und Schaumkalk zusammengesetzte Bank nicht immer als eine Folge von zeitlich der Reihe nach gebildetem, verschiedenartigem Materiale gedeutet, und ebenso wenig die Masse einer derartigen Bank an einer bestimmten Stelle als das Resultat der schichtenbildenden Thätigkeit des Meeres an diesem Punkte angesehen werden. Nur der Durchschnitt der Zusammensetzung der Schichten

auf einem grösseren Raume liefert uns ein richtiges Bild von dem Zustande des Meeres, in welchem sie entstanden.

Es hat daher keine Berechtigung, einzelne Stellen, an denen die Leitbänke des Wellenkalks etwas verkümmert sind, oder an denen das eine oder andere einmal fehlt, als Beweise für eine abweichende Entwicklung des Wellenkalks vorzuführen, wie dies von BORNEMANN geschehen ist.

Ueber das Vorkommen der Diagonalschichtung bemerke ich, dass sie in ähnlicher Weise, wie an der unteren Bank, auch an den beiden anderen Schaumkalkbänken der Zone δ vorkommt, an ihnen aber weniger deutlich hervortritt, als an der unteren Bank, was mit dem geringeren Gehalt dieser Bänke an Oolithkörnern zusammenhängt.

Auf der Taf. XVI ist die Diagonalstructur an dem Oberpacken der obersten Schaumkalkbank deutlich zu erkennen.

Die Diagonalstructur am gewöhnlichen Wellenkalk.

In geringen Spuren äussert sich die Wirkung des Fliessens des Wassers an den welligen Schichten des Wellenkalks gar nicht selten in der Weise, dass die Wellenlinien des Wellenkalks auf beiden Seiten des Wellenberges ungleiche Länge zeigen und auf der einen Seite stärker geneigt sind, als auf der anderen. Es ist dies eine Combination von Wellen- und Diagonalstructur.

Jedoch trifft man im Wellenkalk, und zwar in allen Horizonten, am häufigsten aber in der Zone δ und in den *Orbicularis*-Schichten auch Lagen von gewöhnlichem, blauem Kalk an, welche ohne Zweifel im Innern typische Diagonalstructur besitzen, sie aber äusserlich in einem Gewande zeigen, in welchem sie nur schwer als solche zu erkennen ist.

Diese Schichten sind durch feine Risse in dünne Streifen zerschnitten. Die Risse laufen zuweilen schräg nach ein und derselben Seite hin; in anderen Fällen sind sie hakenförmig, S- oder zickzackförmig gebogen.

Ich habe diese Structur bereits früher in dem Erläuterungshefte zu Blatt Meiningen, S. 32, und auch in meinem im Jahrbuche für 1887, S. 53, abgedruckten Aufsätze aus der Eisenacher

Gegend erwähnt, und sie früher nach ihrem Aussehen als »schräge Zerklüftung« bezeichnet, da mir zur Zeit, als ich jene Arbeiten schrieb, die Art der Entstehung dieser Risse noch nicht bekannt war.

Auf den Tafeln XV und XVI ist die Erscheinung so, wie sie sich an dickeren Lagen zeigt, photographisch dargestellt.

In der Abbildung auf Taf. XV sieht man unten die durch ein Wellenkalkmittel in einen Ober- und Unterpacken — letzterer ist nur theilweise sichtbar — getheilte, petrefactenreiche obere Schaumkalkbank der Zone δ ; darüber, nur durch eine dünne Lage von blauem Kalk vom Schaumkalk getrennt, eine ebenfalls aus gewöhnlichem blauem Kalk bestehende Lage mit »schräger Zerklüftung«, und oben im Bilde die wenig welligen Kalkschichten der *Orbicularis*-Zone, in denen in diesem Bilde zwei Wülste erscheinen, welche zahlreiche Exemplare von *Myophoria orbicularis* einschliessen.

Die Risse, durch welche das Gestein in der Schicht mit versteckter Diagonalstructur zerschnitten ist, zeigen an der abgebildeten Stelle eine auffallend steile Lage. Sie wird an solchen Schichten öfters beobachtet, gewöhnlich aber ist der Winkel, welchen die Risse gegen die Schichtflächen bilden, ein viel kleinerer, ähnlich der Neigung der Streifung an den fluviatilen Sandablagerungen. Die Risse keilen sich an der abgebildeten Stelle im oberen Theile der Schicht, indem sie sich gegen die Oberfläche derselben fast senkrecht stellen, zum Theil aus, so dass das Gestein der Schicht oben weniger zerspalten ist, wie in der Mitte. An anderen Stellen ist jedoch das Verhältniss das umgekehrte. Die Risse klaffen zuweilen ein wenig und enthalten dann wohl von oben her eingedrungenen Lehm; gewöhnlich aber sind sie geschlossen, so dass sie wie feine Sprünge erscheinen.

Die Photographie auf der Taf. XVI zeigt dieselben Schichten, wie die Abbildung der Taf. XV, an einer anderen Stelle des Steinbruchs. Der über dem Schaumkalk liegende Wellenkalkstreifen ist hier bedeutend angeschwollen; aus den Wülsten mit *Myophoria orbicularis* ist ein dünnes Petrefactenbänkchen geworden; und die einfachen schrägen Streifen der »schräg zerklüfteten« Schicht des

vorigen Bildes sind hier hackenförmig gebogen und theilweise doppelt gekrümmt.

In ganz ähnlicher Weise, wie an diesen dicken Kalklagen, kommt diese Structur auch an ganz dünnen Kalkschichten, jedoch mit dem Unterschiede vor, dass mit der Dicke der Schichten auch die Dicke der durch die Zerklüftung entstandenen Lamellen verhältnissmässig abnimmt. Sie werden zuweilen so dünn, dass das Gestein ein schieferartiges Aussehen erhält.

Schichten dieser Art erscheinen bei Meiningen und auch in der Eisenacher Gegend sehr oft ganz nahe über der mittleren Schaumkalkbank der Zone δ in grosser Zahl über einander und machen bei dem vielfachen Wechsel der Richtung und durch die hacken- oder zickzackförmigen Biegungen der feinen Risse einen recht sonderbaren Eindruck. Besonders schön sieht man sie ausgebildet an der Strasse von Meiningen nach Dreissigacker, nahe vor diesem Dorfe. Leider war es nicht möglich, den schönen Aufschluss zu photographiren, weil die Stelle von der Sonne nicht genügend beleuchtet wird.

Die eigenthümliche Ausbildung dieser Structur hat mich früher, wie gesagt, abgehalten, diese Schichten für diagonalgestreift zu erklären. Es schien mir besonders die steile Stellung der feinen Risse, welche man hie und da an diesen Schichten antrifft, dagegen zu sprechen. Ich bin jedoch durch fortgesetzte Untersuchungen endlich zu der Ueberzeugung gekommen, dass den Rissen eine versteckte Diagonalstructur zu Grunde liegt, welcher bei dem Festwerden des Materials die Zerklüftung folgte. Die bei dem Festwerden des Schlammes erzeugte Spannung fand an den diagonalgestreiften Stellen zahlreiche schwache Punkte, an welchen sie sich auslösen konnte. Dagegen traf sie in den Bänken mit Horizontalstructur, besonders auch in dem sehr zähen Schaumkalk, auf grösseren Widerstand, daher sich hier nur wenige, mehr oder weniger senkrecht stehende Spalten bildeten, die natürlich verhältnissmässig breiter werden mussten, wie in den blauen Kalkschichten mit kryptodiagonaler Structur.

Es werden so auch die zickzackförmigen Biegungen der einzelnen Lamellen an diesen Schichten verständlich; die einzelnen

Zacken sind nichts Anderes, als die Diagonalstreifungen in verschiedenen übereinanderliegenden, durch keine deutliche Schichtfugen getrennten Lagen. Man erkennt jetzt auch, wie es zugeht, dass eine nach einer Seite hin gerichtete Streifung weiterhin in derselben Schicht in hakenförmig gebogene übergehen kann.

Auch die Erklärung der Erscheinung, dass die Risse in der Mitte einer Lage schräg liegen, oben und unten aber senkrechte Stellung annehmen, und hier weniger zahlreich sind, wie in der Mitte der Lage, wie man dies auf den Abbildungen der Taf. XV und XVI sieht, macht keine Schwierigkeit. Es ist an solchen Schichten nur in der Mitte diagonal gestreiftes Material vorhanden, während es oben und unten horizontale Streifung besitzt. Die senkrechten Risse, in welche die diagonalen theilweise auslaufen, sind gewöhnliche Austrocknungsrisse.

Der grosse Neigungswinkel, welchen man zuweilen an den Rissen der kryptodiagonalgestreiften Schichten des Unteren Muschelkalks antrifft, mag wohl hauptsächlich in der grossen Zähigkeit, welche der blaue Kalkschlamm mitunter besessen hat, seinen Grund haben. Man kann sich von dieser Zähigkeit oft an den Wellenrippen des gewöhnlichen Wellenkalks überzeugen, die nicht selten sehr steil angerichtet sind und zuweilen sogar etwas überstürzt stehen. Es ist aber auch möglich, dass bei der Bildung der sehr steilen Risse auch die durch das Austrocknen der Schichten entstandene, auf Bildung senkrechter Risse hinarbeitende Spannung mitgewirkt hat. Man darf nicht übersehen, dass wir in den Rissen der kryptodiagonalgestreiften Lagen des Wellenkalks nicht die Diagonalstreifung selbst, sondern nur Austrocknungsrisse vor uns haben, welche der Streifung nicht ganz genau zu folgen brauchten.

Die Diagonalstructur des Buntsandsteins.

Am Buntsandstein zeigt sich die Diagonalstructur an verschiedenen Orten und in verschiedenen Schichten in verschiedener Gestalt. Zuweilen läuft sie in einer grösseren Reihe übereinander liegender Schichten nach ein und derselben Seite hin und gleicht dann in jeder Beziehung der Diagonalstreifung der Sandschichten

am Drachenberge bei Meiningen. In dieser Weise kommt sie z. B. in einem Steinbruche bei der oberen Saline bei Kissingen vor. Viel häufiger aber sieht man sie in der Weise ausgebildet, dass die Richtung in den übereinander liegenden Partien der Bänke vielfach wechselt, genau so, wie am Schaumkalk bei Meiningen. Manchmal nehmen die sich gewöhnlich nur langsam auskeilenden diagonalgestreiften Lagen der Bänke die Gestalt kurzer, keilförmiger Fetzen an. Solche, zuweilen etwas wirr aussehende Streifung trifft man aber nicht nur an mächtigen Sandmassen, bei deren Anblick vielleicht der Gedanke an Dünen aufsteigen könnte, sondern auch an solchen Sandsteinbänken, welche nur wenige Meter dick sind und mit Thonen wechsellagern.

Die vollständige Uebereinstimmung des Baues der Diagonalstreifung im Buntsandstein mit demjenigen der Streifung der unter Wasser entstandenen Schichten der fluviatilen Sandlager und der marinen Schichten des Unteren Muschelkalks nöthigt uns, auch für den Buntsandstein eine Entstehung unter Wasser anzunehmen. Dass dieses Wasser dasjenige des Meeres gewesen ist, zeigt uns ausser anderen Umständen der häufige Wechsel der Richtung der Streifung in vielen Schichten. Derselbe ist ohne Zweifel zum grossen Theil auf den Einfluss der Gezeiten auf die Wasserbewegung im Meere zurückzuführen.

Man muss Herrn BORNEMANN allerdings zugeben, dass an den Dünen ebenfalls eine Art von Diagonalstreifung vorkommt, welche der Diagonalstreifung des Buntsandsteins ähnlich ist. Die Bedingungen zur Bildung von Diagonalstreifung sind an den Dünen ebenfalls gegeben; nur tritt hier als bewegende Kraft an die Stelle des Wassers die viel beweglichere Luft. Dies hat zur Folge, dass die Diagonalstreifung der Dünen im Allgemeinen viel unregelmässiger, wirrer ist, als diejenige des Buntsandsteins. Aber aus einer gewissen Aehnlichkeit in einer einzigen Beziehung lässt sich doch nicht ohne Weiteres folgern, dass der Hauptbuntsandstein eine Anhäufung von Dünen sei. Es giebt andere Beziehungen, durch welche der Buntsandstein sich sehr wesentlich von den Dünen unterscheidet; das ist besonders die Trennung der Masse

des Buntsandsteins in Bänke, die den Dünen fehlt, und seine Zusammensetzung aus wechselnden Schichten von Sandsteinen, conglomeratischen Bänken und Thonlagern, die an den Dünen auch nicht vorkommt.

BORNEMANN hat ersteren Einwand vorausgesehen und denselben durch die Mittheilung¹⁾ einer Beobachtung von WALTHER zu entkräften gesucht. Letzterer hat auf der Sinai-Halbinsel eine durch Schichtfugen in Bänke von verschiedener Mächtigkeit abgetheilte Ablagerung von »Flugsand« beobachtet. Ueber die Beschaffenheit derselben wird weiter berichtet, dass, wenn man die Ablagerung genau verfolgte, keine continuirliche Bank zu finden sei. Eine sorgfältige Prüfung aller sonstigen Lagerungsverhältnisse habe zweifellos ergeben, dass eine Entstehung der Ablagerung im Wasser ausgeschlossen sei.

Dieses Vorkommen hat WALTHER zu dem sehr weitgehenden Schlusse veranlasst, dass auch die »fossilleeren« Bänke des Buntsandsteins in Mittelddeutschland mit ihrer ausgesprochenen Diagonalstreifung eine festländische Flugsandbildung seien, die nicht unter Wasser entstanden sein könne.

Einer solchen Beschreibung gegenüber muss man doch fragen, ob es denn auch ganz sicher ist, dass die von WALTHER untersuchte Sandanhäufung wirklich eine Düne war. Könnte er nicht eine fluviatile Sandablagerung vor sich gehabt haben, welche etwa äusserlich unter der Einwirkung des Windes und der Sonnenstrahlen das Aussehen einer Düne angenommen hatte, innen aber noch die ursprüngliche Beschaffenheit besass? Ich muss gestehen, dass ich dies für sehr wahrscheinlich halte, denn die Beschaffenheit dieser angeblichen Düne stimmt mit derjenigen unserer fluviatilen Sandablagerungen bis in's Kleinste überein.

Weiter auf die BORNEMANN'sche Hypothese, dass der Hauptbuntsandstein eine Anhäufung von Dünen gewesen sei, einzugehen, erscheint mir überflüssig.

¹⁾ a. a. O. S. 4 u. 13.

Die Bewegung zwischen Landfeste und Meer zur
Zeit der Ablagerung des Buntsandsteins und des
Muschelkalks.

Mit dem Nachweise, dass der Buntsandstein eine marine Ablagerung ist, fällt die Transgressionstheorie BORNEMANN's zusammen.

Dieselbe ist offenbar unter dem Einflusse der SUESS'schen Lehre über die Transgressionen entstanden, hat aber bei BORNEMANN in Folge seiner irrigen Anschauung über die Natur des Buntsandsteins eine ganz andere Gestalt angenommen, wie bei SUESS. Letzterer sieht in der Trias Deutschlands, des nördlichen Frankreichs und eines Theiles von England ein gemeinsames Gebiet abweichender örtlicher Entwicklung, in welchem klastische, sublitorale, lacustre und salinarische Ablagerungen mehr wie sonst hervortreten, und in welchem zwischen derartigen, in seichterem Wasser gebildeten Schichten in der Mitte eine Kalksteinlinse erscheint. Den Buntsandstein erklärt SUESS für eine »transgredirende Ablagerung, für das Zeichen einer positiven Zeit«¹⁾, aber er sagt weder, dass der Hauptbuntsandstein bei Beginn der Ablagerung des Röths Festland gewesen, noch dass dieses Festland in so schräger Lage unter den Meeresspiegel versunken sei, wie die BORNEMANN'sche Theorie es erfordert.

Meine Ansicht vom Bau des Muschelkalks und der Trias überhaupt steht mit den Grundzügen der SUESS'schen Auffassung durchaus in keinem schroffen Gegensatz; sie setzt nur voraus, dass die Bewegung der Massen, mag sie nun im festen Lande, dem Meere oder in beiden zugleich gelegen haben, dem Zuge der Schwerkraft gemäss, in verticaler oder doch von derselben nur sehr wenig abweichender Richtung erfolgt sei.

Ich werde weiterhin nachweisen, dass in der That die Bewegung in dieser Weise vor sich gegangen ist, beschränke mich aber bei dieser Untersuchung auf den Buntsandstein und Muschelkalk. Ich werde dabei hauptsächlich die Verhältnisse dieser

¹⁾ EDUARD SUESS, Das Antlitz der Erde, Band II, S. 326 ff.

Schichten im mittleren Deutschland in's Auge fassen, wo ich sie aus eigener Anschauung genügend kennen gelernt habe, um einen kleinen Beitrag zur Aufklärung dieser Verhältnisse liefern zu können.

Betrachten wir zuerst den Hauptbuntsandstein, so zeigt derselbe bekanntlich die Eigenthümlichkeit, dass er fast leer von thierischen Resten ist. Man hat daraus wohl auf einen übergrossen Salzgehalt des Meerwassers geschlossen, in welchem die Thierwelt nicht mehr hätte leben können. Diese Ansicht ist aber nicht haltbar, weil sich dann häufige Reste von Salz- oder von Gypslagern in diesen Schichten finden müssten. Dies ist aber bekanntlich nicht der Fall; selbst Steinsalzpseudomorphosen sind darin sehr selten. Die Armuth an thierischen Versteinerungen ist nach meiner Meinung lediglich darauf zurückzuführen, dass der am Meeresgrunde sich ablagernde Sand von den Strömungen beständig aufgerührt wurde, sodass die Thiere in diesen Sandmassen erstickten.

Was an thierischen Resten im Hauptbuntsandstein vorhanden ist, zeigt uns, dass das Meer, in welchem diese Schichten sich absetzten, niemals grössere Tiefe besessen haben kann. Es finden sich gewöhnlich Reste von Sauriern oder Abdrücke ihrer Fährten, und einige Pelecypoden, meistens Gervillien oder Myophorien oder verwandte Geschlechter. Es sind stets Formen des wenig tiefen Wassers und zwar harte Arten, welche in der Trias am längsten ausdauern, wenn alle übrigen Geschöpfe verschwinden, und welche auch da noch erscheinen, wo das Wasser viel stärker, wie gewöhnlich, gesalzen ist, so in den salinarischen Schichten des Röhth, im Mittleren Muschelkalk bei Rüdersdorf und in den gypshaltigen Schichten des Keupers.

Pflanzenreste sind im Hauptbuntsandstein im Allgemeinen so selten, dass man annehmen darf, dass sie überall nur angeschwemmt seien; doch soll die Möglichkeit, dass sie an einzelnen Stellen, in der Nähe alter Küsten, auch wohl an Ort und Stelle gewachsen sein könnten, von mir nicht bestritten werden. Es würde dies meiner Auffassung vom Bau der Trias durchaus nicht widersprechen.

Auch an der Structur der Schichten des Hauptbuntsandsteins lässt sich deutlich erkennen, dass das Meer des Hauptbuntsandsteins während der ganzen Zeit der Ablagerung desselben nicht besonders tief gewesen sein kann. Horizontalgestreifte Schichten wechseln in Hauptbuntsandstein mit diagonalgestreiften, während wellige Structur hier nur selten, und in etwas anderer Ausbildung, als am Wellenkalk, angetroffen wird. Wenn trotzdem im Hauptbuntsandstein mit den diagonalgestreiften nicht wellige, sondern horizontalgestreifte Schichten erscheinen, so kann dies nur so erklärt werden, dass das Hauptbuntsandstein-Meer nicht oceanischer Natur gewesen ist. Es war vom Ocean soweit abgeschnürt, dass sich die ungeheueren Wellen des Oceans auf seiner Oberfläche nicht mehr bilden konnten. Es entstanden nur verhältnissmässig niedrige Wellen, welche den Meeresgrund nicht mehr erreichten, sodass sich hier ebenflächige Schichten ablagern konnten.

In ihrer Structur zeigen die Schichten des Hauptbuntsandsteins die grösste Aehnlichkeit mit den Schichten im obersten Theile des Wellenkalks bei Meiningen, wo auch mit der beginnenden Abschnürung des deutschen Muschelkalkmeeres vom Ocean an die Stelle der welligen Schichten ebenflächige und diagonalgestreifte treten. Ich werde bei der Betrachtung des Wellenkalks auf diese Verhältnisse zurückkommen.

Die Gliederung des Hauptbuntsandsteins nach der Korngrösse in die beiden Abtheilungen des fein- und grobkörnigen Buntsandsteins passt augenscheinlich in die Transgressionstheorie des Herrn BORNEMANN ebensowenig hinein, wie die Gliederung des Wellenkalks im mittleren Deutschland. Er erklärt sie ohne Zweifel aus diesem Grunde für »unwissenschaftlich«, gerade so wie er dies früher auch mit der üblichen Gliederung des Wellenkalks gemacht hat, und betont dabei das in Anführungszeichen stehende Wort noch besonders durch gesperrten Druck. Diese Gliederung des Buntsandsteins, meint er, diene höchstens dazu, das Papier auf den geologischen Karten etwas bunt zu machen.

Wie man über das Verhältniss der in den verschiedenen Gegenden Deutschlands nach der Korngrösse der Sandsteine unter-

schiedenen Abtheilungen des Buntsandsteins zu einander auch denken mag, so ist eine so scharfe Sprache doch schon deshalb ungerechtfertigt, weil eine grosse Reihe tüchtiger und gewissenhafter Beobachter derartige Unterschiede nachgewiesen hat. Diese Unterschiede sind für die Configuration der Oberfläche und für die Culturverhältnisse der Länder von bestimmendem Einfluss. Es ist aber eine der Aufgaben der Geologie, solche Verhältnisse festzustellen, sie zu verfolgen und auf den geologischen Karten zur Anschauung zu bringen.

Aber auch vom rein geologischen Standpunkte aus betrachtet hat die BORNEMANN'sche Kritik keine Berechtigung.

Der Process, welchen die klastischen Massen des Buntsandsteins auf dem Wege von der ursprünglichen bis zur jetzigen Lagerstätte durchgemacht haben, ist ein ganz ähnlicher Vorgang gewesen, wie derjenige, den wir in den Separationsanstalten der Bergwerke vor sich gehen sehen. Bei der Separation der Mineralien wird das Material nach dem specifischen Gewichte und nach der Korngrösse von einander getrennt; die feineren Schlämme werden am weitesten durch das Wasser fortgeführt, während die gröberen Massen einen kürzeren Weg zurücklegen. In der Natur stellen sich dem regelmässigen Verlaufe dieses Vorganges allerlei Hindernisse in den Weg, so dass die Regelmässigkeit der Separation des aus der Zerstörung des Festlandes hervorgegangenen Materials vielfach gestört wird. Solche Störungen können z. B. durch Aenderungen in der Lage der Strömungen oder durch inselförmig aus dem Meere aufragende Landmassen verursacht werden. Es schieben sich in Folge dessen gröbere Massen zwischen die feinkörnigen ein und umgekehrt.

Es muss also bei dem Transport des Materials eine mehr oder weniger regelmässige Gliederung desselben in horizontaler Richtung entstehen, in der Weise, dass sich die Schlämme nach ihrer Korngrösse durch allmähliche Uebergänge mit einander verbunden in nahezu horizontaler Richtung hinter einander legen.

In der That lässt sich eine derartige Veränderung der Ablagerungen in horizontaler Richtung bis zu einem gewissen Grade im deutschen Buntsandstein nachweisen.

Wir beobachten im Mittleren Buntsandstein, je weiter wir von Mitteldeutschland nach Süden vorgehen, eine Zunahme der Gerölllager, die sich nach Norden hin, das eine früher, das andere später, sämmtlich auskeilen. Auch an der verschiedenen Ausbildung des Oberen Buntsandsteins, im Süden vorwiegend als Sandstein, im mittleren und nördlichen Deutschland vorwiegend als Thon, tritt die Wirkung der Separation in horizontaler Richtung sehr deutlich zu Tage.

Auf ganz anderen Ursachen beruht dagegen der Wechsel in der Beschaffenheit des Materials in verticaler Richtung. Während wir in horizontaler Richtung die durch Separationsvorgänge mehr oder weniger scharf von einander getrennten Schlämme derselben Zeit vor uns haben, sehen wir in verticaler Richtung diejenigen einer langen Zeitperiode. Es spiegeln sich daher in dem Wechsel der Gesteine in verticaler Richtung die Veränderungen der Continente durch die allgemeine Abtragung und die Veränderungen in den Beziehungen zwischen Land und Meer wieder.

Von besonderer Wichtigkeit für die Beurtheilung der Verhältnisse des Hauptbuntsandsteins sind die in demselben vorkommenden gerölleführenden Schichten, indem sie nicht nur über die Herkunft des Materials des Buntsandsteins einiges Licht verbreiten, sondern es auch möglich machen, die Schichten in ihrer Verbreitung zu verfolgen. Sie zeigen bekanntlich in sofern eine Verschiedenheit, als die tieferen Gerölllager neben quarzitäen Geröllen auch solche von sogenannten krystallinischen Gesteinen enthalten, während die Gerölle der obersten Lager fast nur aus Quarz oder quarzitäen Gesteinen zusammengesetzt sind. Es geht daraus hervor, dass die Masse der unteren Schichten des Mittleren Buntsandsteins zu einem ansehnlichen Theile aus den deutschen Mittelgebirgen selbst herrührt, dass aber das Material des oberen Theils der Ablagerung anders woher gekommen sein muss. Man erkennt dies besonders deutlich an dem ausgedehntesten dieser Lager, an dem sogenannten Hauptconglomerat. Dasselbe erstreckt sich durch den Schwarzwald und die Vogesen, die Haardt und den Spessart, und lässt sich sogar bis über Fulda hinaus nach Norden hin verfolgen. Da die süddeutschen Gebirge

in ihrer Hauptmasse aus ganz anderem Materiale bestehen, dieselben auch zum grössten Theile vom Buntsandstein bedeckt sind oder bedeckt waren, so kann das Material des Hauptconglomerats nicht aus diesen Gebirgen herrühren, sondern es muss aus weiter südlich liegenden Gegenden hergekommen sein. Diese Gerölle sind wahrscheinlich durch einen grossen Strom ausserhalb des deutschen Gebietes in das Meer geführt und hier allmählich durch die Strömungen verbreitet worden. Auch die übrigen im oberen Theile des Mittleren Buntsandsteins vorkommenden homogenen Gerölleschichten verdanken vermuthlich demselben Strome ihren Ursprung. Das Erscheinen solcher Gerölle in verschiedenen Horizonten, getrennt durch gewöhnlichen Sandstein, liesse sich durch die Annahme erklären, dass sich die Lage des Stromes im Laufe der Zeiten mehrfach etwas geändert habe.

Aus der ausserordentlich weiten Verbreitung des Hauptconglomerats geht hervor, dass der Meeresboden zur Zeit der Ablagerung desselben horizontal oder doch nur sehr wenig geneigt war; denn sonst müsste dieses Lager die Form eines sich rasch zuspitzenden Keils haben. Daraus folgt aber weiter, dass die Transgressionsbewegung zu jener Zeit in verticaler oder nahezu verticaler Richtung erfolgt sein muss.

Die Beobachtung, dass die Geröllelager im südlichen und mittleren Deutschland das eine früher, das andere später verschwinden, lässt es zwar als bedenklich erscheinen, anzunehmen, dass die Grenze zwischen dem Unteren und Mittleren Buntsandstein in den gleichen geologischen Horizont falle. Erwägt man aber, dass das Erscheinen der Gerölle im Mittleren Buntsandstein nicht von localen Verhältnissen abhängig gewesen sein kann, sondern offenbar durch bedeutende, in ihrer Wirkung sehr weitgreifende Veränderungen in den Beziehungen zwischen Festland und Meer veranlasst worden sein muss, so erscheint es doch mindestens als nicht unwahrscheinlich, dass der Anfang der Geröllebildung im Mittleren Buntsandstein in Deutschland wenigstens nahezu in die gleiche Zeit fällt.

Die eigenthümliche Rolle, welche die obersten Schichten des Hauptbuntsandsteins, der Chirotheriensandstein, in der BOR-

NEMANN'schen Theorie spielt, setzt voraus, dass die Beschaffenheit dieser Schichten überall die gleiche, wie bei Hildburghausen, sei. Dass der Chirotheriensandstein in dieser Gegend eine Strandbildung ist, wird auch von mir nicht bezweifelt. Es geht dies ganz klar aus den vielen Austrocknungsrisen hervor, welche die Steinplatten zeigen. Dagegen lege ich auf das Vorhandensein der Fährtenabdrücke in dieser Hinsicht kein Gewicht, da sich solche auch unter Wasser gebildet haben können; denn der Meeressand ist, vom Wasser durchtränkt, standfähig, so dass er sogar scharfe Eindrücke behält. Wir treffen Chirotherienfährten thatsächlich auch in Schichten, die sicher nicht am Strande entstanden sind. So berichtet VON ALBERTI¹⁾ von einem englischen Sandsteinbruche, in welchem sich bis zu 140 Schuh unter der Erdoberfläche zahlreiche und in der grössten Tiefe sehr stark eingedrückte Fussstapfen vorfanden. Aber eine derartige Beschaffenheit, wie bei Hildburghausen zeigt der Chirotheriensandstein in der Regel nicht. Es finden sich darin gewöhnlich keine Chirotherienfährten und noch weniger Austrocknungsrisse. Dagegen erscheinen darin in einem grossen Theile von Deutschland zahlreiche Knollen von Dolomit, welche für diesen Horizont sehr charakteristisch sind, und oft einen bedeutenden Theil des Gesteins ausmachen. Da sich derartige Gesteine nur im Meere bilden können, so muss der Chirotheriensandstein im Allgemeinen als ein marines Gebilde angesehen werden.

Im Oberen Buntsandstein tritt uns in den Gypslagern ein Vorkommen entgegen, welches nicht nur für die Beurtheilung der Verhältnisse dieser Schichtenreihe, sondern auch für die Kenntniss der Verhältnisse des Hauptbuntsandsteins von grosser Bedeutung ist. Wir sehen die Gypslager in der thonigen Facies dieser Abtheilung durch ganz Mittel- und Norddeutschland, von Westfalen bis nach Russland hin verbreitet. Wenn sie, wie in Oberschlesien, auch einmal fehlen, so tauchen sie doch weiterhin bald wieder auf. Sie zeigen sich in allen Horizonten, bei Meinungen in den nach der Auslaugung des Gypses gebildeten Geoden

¹⁾ VON ALBERTI, Beiträge zur Monographie des Buntsandsteins etc. S. 240.

und in einer dünnen Zellenkalklage sogar noch in den rothen Mergeln über den petrefactenreichen, festen Kalkbänken der *Modiola Credneri*-Zone, ganz nahe unter dem Wellenkalk. Am häufigsten und mächtigsten aber sind sie im tiefsten Theile des Röths. In der Nähe des Thüringer Waldes lagert am Fusse des Heldrasteins bei Treffurt ein sehr mächtiges Lager dieses Minerals unmittelbar auf dem Chirotheriensandstein, welcher hier in seinem unteren Theil an einigen Orten stark gypshaltig ist ¹⁾.

Auch bei Jena ²⁾ liegt der Gyps in grosser Mächtigkeit unmittelbar über dem Sandstein.

Diese enge Verbindung des Röthgypses mit dem Hauptbuntsandstein zeigt auf das Deutlichste, dass letzterer oder doch min-

¹⁾ Herr BORNEMANN hat in seiner Abhandlung über den Buntsandstein auf S. 49 auch den Chirotheriensandstein am Heldrastein und die Benutzung desselben zu Stubensand erwähnt und kommt dabei auch auf einen von mir in einem Aufsätze über den Chirotheriensandstein (vergl. dieses Jahrbuch für 1883) ganz beiläufig erwähnten Hohlraum zu sprechen. Er behauptet, es sei von mir die »Hypothese« aufgestellt worden, dass dieser Hohlraum, dessen Entstehungsweise, sei es durch Ausgrabung, sei es durch Auslaugung, ich als nebensächlich unentschieden gelassen hatte, »nicht durch Ausgraben, sondern durch Auslaugung« entstanden sei und setzt hinter diesen Satz sowohl ein Frage- als ein Ausrufungszeichen.

Die ganze Darstellung seitens des Herrn BORNEMANN ist geeignet, bei dem Leser den Eindruck hervorzurufen, als sei die Umgebung des Heldrasteins von mir sehr oberflächlich untersucht worden. Das Ausrufungszeichen in Verbindung mit dem Fragezeichen soll offenbar andeuten, dass ich wohl gar die ungeheuerliche Idee im Kopfe gehabt habe, dass Höhlungen im Sandstein durch Auslaugen von Sand entstehen könnten.

Wer meine Abhandlung über den Chirotheriensandstein am Heldrastein durchliest, wird jedoch finden, dass ich im Gegentheil den Verhältnissen dieser Gegend eine ganz besondere Aufmerksamkeit gewidmet habe, und dass alles das, was Herr BORNEMANN darüber vorträgt, bereits in jener Abhandlung von mir gesagt worden ist. Es findet sich in dieser Schrift auch die Angabe, dass der Chirotheriensandstein am Heldrastein gypshaltig sei, und zwar in seinem »unteren Theil auf 4 Meter Höhe in so hohem Grade, dass man leicht Handstücke daraus schlagen könne, welche aus nur wenig von Sand verunreinigtem Gypse bestehen.« Man sollte sagen, dass eine solche Angabe in einem solchen Zusammenhange für jeden Geologen genügend wäre, um einzusehen, dass, wenn von Höhlenbildung in einem solchen Gestein die Rede ist, nur die Auslaugung des Gypses gemeint sein kann.

²⁾ SIEGFRIED PASSARGE, Das Röth im östlichen Thüringen, S. 7.

destens der obere Theil desselben eine marine Ablagerung sein muss; denn der Hauptbuntsandstein erscheint zur Zeit der Ablagerung der untersten Schichten des Röths geradezu als der Boden des Meeres und zwar eines Meeres, in welchem die Concentration an Salzen soweit vorgeschritten ist, dass die Ausscheidung von Erdsalzen erfolgt.

Dieser Umstand beweist ganz überzeugend die völlige Haltlosigkeit der BORNEMANN'schen Theorie, denn bei dem schrägen Absinken des Festlandes unter den Meeresspiegel ¹⁾, wie es diese Theorie verlangt, müsste das Röthmeer in offener Verbindung mit dem Ocean gestanden haben und das Wasser desselben immer weiter gegen das Land vorgedrungen sein. Dabei ist aber an eine Ausscheidung von Salzen nicht zu denken.

Mit dem Erscheinen des untersten Röthgypses sehen wir auch in den klastischen Absätzen eine grosse Veränderung vor sich gehen. Die groben Gerölle verschwinden, und es stellen sich feinere Absätze ein, im nördlichen und mittleren Deutschland vorherrschend Thone, im Süden Sandsteine, die nach dieser Seite hin den Thon bis auf einen geringen Rest allmählich verdrängen. Zwischen die Thonlager schieben sich in der thonigen Facies vielfach Lager von Gyps ein, und zwar hier, wie schon gesagt, in allen Horizonten, während derselbe in den Gegenden mit sandiger Facies erst in dem thonreichen, oberen Theil der Ablagerung erscheint. Es zeigen sich jetzt auch wieder häufiger Versteinerungen von Thieren. Es sind auch hier gewöhnlich Reste von Sauriern und von den Pelecypoden diejenigen Gattungen, die in den Ablagerungen der übersalzenen Gewässer der Trias gewöhnlich erscheinen. Merkwürdiger Weise finden sich an einzelnen Stellen auch schon ein Paar Arten von Ammoniten.

Wir erkennen aus diesen Verhältnissen, dass zur Zeit des Hauptbuntsandsteins das Maass der Aufschüttung des klastischen Materials grösser gewesen ist, als dasjenige der positiven Bewe-

¹⁾ Herr BORNEMANN vermeidet es zwar, sich darüber zu erklären, ob er sich die Bewegung im Festlande oder Meere liegend denkt; es ist aber klar, dass seine Theorie die Bewegung des Festlandes verlangt; denn der Meeresspiegel kann keine so schräge Lage annehmen, wie er sie sich vorstellt.

gung. Das Meer ist zu Ende dieser Zeit endlich so seicht geworden, dass sich Salze ausscheiden, was eine Abschnürung des deutschen Meeres vom Ocean bis zu einem gewissen Grade voraussetzt. Die positive Bewegung dauerte auch während der Zeit des Oberen Buntsandsteins fort, jedoch trat hier, wie der beständige Wechsel zwischen klastischem und chemisch ausgeschiedenem Material beweist, ein Gleichgewichtszustand zwischen Sedimentbildung und positiver Bewegung ein.

Man hat den Wechsel von petrefactenführenden und petrefactenleeren, von klastischen und chemisch ausgeschiedenen Schichten im Oberen Buntsandstein wohl durch negative Recurrenzen erklären wollen. Obgleich ich gar nicht bestreiten will, dass derartige Bewegungen vorgekommen sein können, so halte ich es doch für unwahrscheinlich, dass sie in bemerkbarer Weise in die Ausbildung der Schichten eingegriffen hätten. Wir müssten, wenn solche Bewegungen öfters und in merklichem Grade vorgekommen wären, auch in den kalkigen Ablagerungen der Trias, wo sie sich an die Versteinerungen besser controlliren lassen, von diesen Recurrenzen innerhalb der grossen Schwankungen Spuren sehen, was aber thatsächlich nicht der Fall ist. Es liegt auch kein zwingender Grund vor, zur Erklärung der erwähnten Erscheinungen zu so complicirten Vorgängen seine Zuflucht zu nehmen; denn die Verschiedenartigkeit der Absätze lässt sich sehr einfach durch den Wechsel in der Richtung der Strömungen erklären, welche vom Lande her süsseres Wasser und klastisches Material herbeiführten, während an anderen Stellen durch Verdunstung in dem flachen Wasser eine Anreicherung an Salz stattfand.

Im südwestlichen und westlichen Theile von Deutschland kommen bekanntlich in den feinkörnigen Sandsteinen des Oberen Buntsandsteins auch Landpflanzen vor, gewöhnlich nur vereinzelt, an einigen Stellen aber auch in grösserer Menge bei einander. Man hat daraus wohl den Schluss gezogen, dass diese Sandsteine eine Bildung des festen Landes seien.

Es ist allerdings wohl möglich, dass sich in dem flachen Meere des Oberen Buntsandsteins hie und da, besonders in der Nähe der Küsten, etwas Festland gebildet hat. Jedoch weist die

Lage der Pflanzen auf den Schichtflächen im Allgemeinen auf Einschwemmung hin. Da nun in der Nähe der Stellen, wo sie in grösserer Menge vorkommen, festes Land vorhanden war, so der südliche Theil des Schwarzwaldes und der Vogesen, die Eifel und die Ardennen, so liegt es nahe, daraus zu schliessen, dass die Pflanzen in der Regel in das Meer geschwemmt und dort von den Sedimenten bedeckt worden sind.

Dass die sandige Ausbildung des Oberen Buntsandsteins im südlichen Deutschland nichts ist, als eine besondere Facies, und dass sie nicht in einer negativen Bewegung in diesem Theile Deutschlands ihren Grund hat, zeigt sich daran, dass auch im südlichen Deutschland gegen Ende der Periode Gyps in dieser Ablagerung erscheint. Das Meer zeigt also zu dieser Zeit im Süden wie im Norden eine ganz gleiche Beschaffenheit; es ist überall seicht. Wir sehen, dass zu dieser Zeit die Bewegung in ganz Deutschland gleichmässig vor sich geht, in verticaler Richtung und im positiven Sinne und haben keinen genügenden Grund, zu glauben, dass dies zur Zeit der Ablagerung der unteren sandigen Schichten anders gewesen sei.

Es bleibt noch übrig, einen Blick auf die Structurverhältnisse der Sandsteine dieser Abtheilung zu werfen.

Sie sind hier gewöhnlich dünnschiefrig, auf der Oberfläche meistens ebenflächig, zuweilen aber auch mit breiten, flachen Wellenfurchen versehen. Es ist diejenige Schichtung, wie sie in flachen Gewässern entsteht, welche vom Ocean so weit abgetrennt sind, dass Ebbe und Fluth keinen Einfluss mehr auf den Meeresboden ausüben können.

Diagonalstructur wird aus dem Oberen Buntsandstein nur selten erwähnt, so von BLANKENHORN aus der Gegend am Nordrande der Eifel ¹⁾. Sie zeigt sich nach der Beschreibung dieses Autors an Sandsteinen, welche von gerölleführenden Schichten begleitet werden, hier sogar häufiger, als an den Schichten des Hauptbuntsandsteins. Nach VON ALBERTI ²⁾ kommt sie auch in

¹⁾ M. BLANKENHORN, Die Trias am Nordrande der Eifel S. 17.

²⁾ VON ALBERTI, Beitrag zu einer Monographie des Bunten Sandsteins etc. S. 35.

Württemberg im Buntsandstein ELIE DE BEAUMONT's, in dem untersten Theil der Ablagerung, in den dickgeschichteten Thonsandsteinen vor. Die Streifung geht nach der Beschreibung VON ALBERTI's »häufig nicht den Schichten parallel, sondern unter verschiedenen Winkeln quer durch mehrere Schichten.«

Es zeigt sich hier also in beiden Fällen noch eine lebhaft e Einwirkung der Gezeiten. Wenn es auch denkbar ist, dass die Bewegung des Meeres durch Ebbe und Fluth sich auch zur Zeit des Oberen Buntsandsteins noch an einigen Stellen geltend gemacht habe, so erregen die geschilderten Verhältnisse doch einigen Zweifel, ob diese diagonalgestreifte Schichten, besonders die von BLANKENHORN erwähnten, wirklich zum Oberen Buntsandstein gehören, oder ob sie nicht besser zum Mittleren Buntsandstein gestellt werden.

Während der folgenden Zeitperiode, zur Zeit der Ablagerung des Muschelkalks sehen wir die Meerestiefe zwei Mal zu- und abnehmen. Die Zeit der niedrigsten Wasserstände wird durch die Ablagerungen des Mittleren Muschelkalks und des Keupers bezeichnet.

Die zahlreichen Einschlüsse von Petrefacten in den Schichten des Unteren und Oberen Muschelkalks setzen uns in den Stand, die Bewegungen zwischen Land und Meer während dieser Zeit genauer, als bisher, zu verfolgen.

Im unteren Theil des Wellenkalks hat die Fauna einen litoralen Charakter; höher nimmt der Formenreichtum zu und es erscheinen allmählich immer mehr Geschöpfe des tieferen Meeres. In dem mittleren Theile der Ablagerung sind die Schichten ganz angefüllt mit Terebrateln und Encrinitenstielen. Mit ihnen finden sich hier zahlreiche Spiriferen und Ammoniten verschiedener Art, diese jedoch nur sparsam.

Am reichsten an Arten und Individuen sind wohl die Schichten mit *Terebratula vulgaris*, die sich von den Vogesen bis nach Oberschlesien, von den Alpen bis nach Osnabrück hin verfolgen lassen und ein unverdächtiges Zeugniß für die grosse Gleichmässigkeit der Meerestiefe und damit der Transgressionsbewegung in verticaler Richtung in Deutschland ablegen.

Die Lebensweise der heute lebenden Vertreter der genannten Geschöpfe gestattet uns, mit einiger Sicherheit Schlüsse auf die Tiefe des Meeres zur Zeit der Ablagerung der Terebratelbänke zu machen. Wir treffen die Brachiopoden mit Ausnahme der Linguliden und Disciniden heute sämmtlich in tieferem Wasser. *Terebratula caput serpentis* und *vitrea* kommen an der norwegischen Küste in einer Tiefe von 30 bis 150 Faden (55 bis 274 Meter) vor; *Waldheimia cranium* wurde von BARETT zwischen den Vigton-Inseln und dem Nordkap in Tiefen von 25 bis 150 Faden (46 bis 274 m) angetroffen. Die Crinoiden der Jetztzeit dagegen bewohnen viel grössere Tiefen. *Rhizocrinus* wurde von SARS bei den Lofoten aus einer Tiefe von 300 Faden, und *Hyocrinus* von der Challenger-Expedition sogar aus einer Tiefe von 2325 m heraufgeholt.

Die Vereinigung von Geschöpfen des tiefen Wassers mit litoralen Formen in den Terebratelbänken zwingt uns, die Tiefe des Meeres zur Zeit der Entstehung derselben nicht zu gross, aber auch nicht zu gering anzuschlagen. Sie dürfte gegen 300 Meter betragen haben ¹⁾.

Ueber der Region der Terebratelbänke sehen wir, wie die Zahl der Thierformen in den Schichten allmählich wieder zurückgeht; die Thiere des tiefen Wassers verschwinden mehr und

¹⁾ Diese Betrachtung regt mich zu einer Bemerkung über die Begrenzung des Unteren Muschelkalks gegen den Oberen Buntsandstein im nordöstlichen Deutsch-Lothringen durch SCHUMACHER (Zur Kenntniss des Unteren Muschelkalks im nordöstlichen Deutsch-Lothringen) an. Seine interessante Arbeit lehrt uns, dass trotz der weiten Entfernung der Untere Wellenkalk im nordöstlichen Deutsch-Lothringen noch ähnlich zusammengesetzt ist, wie in Thüringen. Jedoch fällt es auf, dass in Lothringen der Untere Muschelkalk bis zum Horizonte der *Terebratula Ecki* eine verhältnissmässig geringe Mächtigkeit zeigt, und dass bereits hart über der oberen Grenze des Oberen Buntsandsteins Schichten mit Terebrateln, Spiriferen und Emericiten von SCHUMACHER aufgeführt werden. Unter den untersten Wellenkalkschichten lagern im Oberen Buntsandstein nach SCHUMACHER zunächst der hier sehr wenig mächtige »Grenzletten« und weiter abwärts »wahrscheinlich ursprünglich dolomitische« Sandsteine mit zahlreichen Arten von Muschelkalk-Pelecypoden, unter denen SCHUMACHER einmal auch Trochiten fand. Das Erscheinen von Formen des tieferen Meeres muss uns nach meiner Meinung zu dem Schlusse leiten, dass die eben erwähnten, von SCHUMACHER zum Oberen Buntsandstein gestellten Schichten in Wirklichkeit versandete Muschelkalkschichten sind.

mehr, und es stellen sich wieder Formen des seichteren Wassers ein, bis an der oberen Grenze des Mittleren Muschelkalks das thierische Leben wieder fast völlig verschwindet.

Man hat offenbar in der Nähe der Terebratelzone den Wendepunkt vor sich, an welchem die positive Bewegung in die negative überging. In dieser Beziehung bildet die Zone der Schichten mit *Terebratula vulgaris* einen natürlichen Schnitt zwischem dem unteren und oberen Teile des Wellenkalks.

Dass die Abnahme der Meerestiefe zu dieser Zeit nicht lediglich als eine Folge der Erhöhung des Meeresbodens durch die Anhäufung der Sedimente anzusehen ist, geht ganz klar aus den Verhältnissen hervor, welche wir an den obersten Schichten des Wellenkalks am Thüringer Walde beobachten.

In der untersten Schaumkalkbank der Zone δ sehen wir bei Meiningen eine Bank vor uns, welche voll von Stielgliedern des *Encrinus Carnalli* steckt, häufig so voll, dass sich in dieser Beziehung die Bank sehr wohl mit dem Haupttrochitenkalk des Oberen Muschelkalkes messen kann. Das zahlreiche Vorkommen dieser Geschöpfe beweist, dass die Lebensbedingungen für dieselben damals noch recht günstig gewesen sein müssen, dass die Wassertiefe des Meeres zur Zeit der Bildung dieser Bank jedenfalls 80 Faden, vielleicht noch mehr betragen hat. Auch an anderen Formen ist diese Bank noch sehr reich; wir treffen darin auch noch gefingerte Ammoniten und zahlreiche Arten von gewöhnlichen Muschelkalk-Pelecypoden und Gastropoden. Oolithkörner oder an ihrer Stelle Schaumkalk-Poren kommen hier noch in solcher Menge vor, dass ihr Rauminhalt schwerlich geringer ist, als derjenige der übrigen Gesteinsmasse.

In den höheren Schichten bemerken wir eine auffallend rasche Abnahme der Thierformen. In der obersten Schaumkalkbank zeigen sich die Oolithkörner nur noch in geringer Menge und von Petrefacten gewöhnlich nicht viel mehr, als 2 Arten von Pelecypoden: die *Gervillia Goldfussi* und die *Myophoria orbicularis*. In den *Orbicularis*-Schichten verschwindet auch die zuerst genannte Art, so dass von allen Petrefacten fast nur noch die *Myophoria orbicularis* übrig bleibt.

Wir sehen hier, dass während der Bildung eines geringen Schichtencomplexes von nur 11 bis 12 Meter Mächtigkeit die Tiefe des Meeres eine sehr bedeutende Verminderung erleidet. Aus einem Meere mit der Fauna des tieferen Wassers wird ein seichtes Wasserbecken.

Eine so grosse Veränderung kann offenbar nicht lediglich durch die Aufschüttung einer so geringen Schichtenreihe bewirkt worden sein; sie muss eine andere Ursache haben, welche nur in einer Hebung der Erd feste oder in einer Senkung des Meeresspiegels oder in einer Combination dieser Bewegungen bestanden haben kann.

Wie schon im ersten Theile dieser Arbeit von mir erwähnt wurde, sind die Schichten der Schaumkalkzone δ und die *Orbicularis*-Schichten dadurch ausgezeichnet, dass sie zu einem grossen Theile diagonale oder kryptodiagonale Streifung zeigen. Sie wechseln mit Schichten, welche eine fast völlig ebene Oberfläche haben. Das Meer hat also an Tiefe sehr bedeutend abgenommen, so dass die durch die Gezeiten hervorgerufene Wasserbewegung den Untergrund des Meeres aufrühren konnte. Dabei ist die Verbindung mit dem Ocean allmählich so weit eingeengt, dass die Wellenfurchen des Oceans fast verschwinden, und dass gegen das Ende der Periode, wie die in den *Orbicularis*-Schichten in manchen Gegenden vorkommenden, in Folge von Auslaugung von Gypsknollen entstandenen Geoden beweisen, sich bereits Gyps auszuscheiden beginnt.

Diese Schichten bieten in Bezug auf die Textur das gleiche Bild, wie die Schichten des Hauptbuntsandsteins. Wir haben ein Recht, für die gleichen Erscheinungen im Buntsandstein eine gleiche Ursache anzunehmen und auch das Buntsandsteinmeer für ein wenig tiefes Meer zu erklären, dessen Boden von den durch die Gezeiten hervorgerufenen Strömungen vielfach aufgerührt wurde.

Auch in der Abtheilung des Mittleren Muschelkalks beobachten wir in Deutschland eine grosse Gleichförmigkeit der Verhältnisse, welche überall eine ziemlich gleiche Wassertiefe und senkrechte oder doch nahezu senkrechte Bewegung zwischen Festland und Meer voraussetzt.

Paläontologisch zeigt sich diese Gleichförmigkeit in dem Fehlen der Versteinerungen; nur an ganz vereinzeltten Punkten, wie zu Rüdersdorf, taucht hier noch etwas Leben auf. An dem Schichtenbau zeigt sie sich in der Ebenflächigkeit der Schichten und der Gleichförmigkeit des Materials, welches hier aus Mergeln, Dolomiten, Salz und Gyps, an deren Stelle im Falle sie ausgelaugt sind, Zellenkalke treten, besteht.

Die Gleichmässigkeit der Tiefe des Meeres und damit der Bewegung zeigt sich besonders deutlich an der weiten Verbreitung der Gypslager. Sie erscheinen in Süddeutschland, wie in Mitteldeutschland, unmittelbar oder sehr nahe über dem Unteren Muschelkalk. Dies setzt nothwendig eine senkrechte Richtung der Bewegung voraus.

Da bis zu Anfang dieser Zeit dieselbe mit Sicherheit noch negativ war, diese Bewegung aber ein Fortdrängen des Meerwassers aus dem deutschen Becken bedingt, so kann das Material zu den Salz- und Gypslagern des Mittleren Muschelkalks wenigstens zu Anfang dieser Zeit nicht von aussen her eingedrungen sein. Es stammt also zum grossen Theil sicher aus demjenigen Wasser, welches zu Ende der *Orbicularis*-Zeit den deutschen Boden bedeckte.

Das Ende der negativen Bewegung muss etwa in die Zeit der obersten Gypsbildung fallen. Mit dem Einströmen des oceanischen Wassers zu Anfang der positiven Bewegung musste die Gypsbildung rasch ein Ende nehmen. Es lagerten sich nun Mergel, gelbe Kalke und Dolomite ab. Sie sind noch leer von Petrefacten, was beweist, dass damals das Meer noch übersalzen war. Mit dem Erscheinen der ersten Thiere beginnt dann eine neue Periode, in welcher das deutsche Meer mit dem Ocean wieder in volle Verbindung tritt und das Meerwasser wieder seine normale Beschaffenheit erlangt.

Auch während dieser Zeit, derjenigen des Oberen Muschelkalks erfolgte die Ausbildung der Schichten im Grossen und Ganzen in Deutschland in sehr gleichmässiger Weise.

Es tritt dies am schärfsten an der unteren Abtheilung, am Trochitenkalk, hervor, der über ganz Deutschland verbreitet ist und nur im äussersten Osten, in Oberschlesien fehlt.

Hier zeigt sich wieder eine ganz ähnliche Erscheinung, wie zu Ende der Wellenkalkperiode. Während das Meer sich aus einem flachen Becken zu einem Meere von oceanischem Charakter mit ansehnlicher Tiefe umgestaltet, bildet sich nur eine kleine Schichtenreihe von wenigen Meter Dicke. Der Uebergang von dem einen zum anderen Zustande ist während der Bildung des Muschelkalks nicht immer in dem gleichen Schrittmaasse erfolgt, sondern bald rascher, bald langsamer. Er ging rascher bei Beginn des Oberen Muschelkalks, langsamer bei der Bildung der unteren Schichten des Wellenkalks vor sich. Auch die Zeit, während welcher das deutsche Muschelkalkmeer in dem Zustande eines subplogischen Meeres verharrte, ist offenbar in den verschiedenen Perioden eine sehr ungleiche gewesen.

Die während der positiven Bewegung gebildete Schichtenreihe des Oberen Muschelkalks zeigt uns in den Petrefacten einen ganz ähnlichen Entwicklungsgang, wie der Untere Muschelkalk während seiner positiven Periode: Es erscheint zuerst eine kleine Abtheilung mit Petrefacten des flachen Wassers. Es sind dies die Schichten der Zone der *Myophoria vulgaris*. Darüber stellen sich Lagen mit einer ungeheueren Menge von Brachiopoden ein, über welchen die Hauptmasse des eigentlichen Encrinitenkalkes lagert.

Auch hier stellt sich mit der Zunahme der Tiefe Oolithbildung ein. Auch diese Oolithkörner, kleine, wie grosse, sind sicher in Wirklichkeit nichts Anderes, als Kalkalgen gewesen.

Die mächtigen Bänke des eigentlichen Trochitenkalkes sind der Wendepunkt der Bewegung in dieser Periode; denn wir sehen wie diese Geschöpfe des tiefen Wassers sehr bald wieder verschwinden.

Die Bewegung im negativen Sinne während der Zeit der Ablagerung der Nodosenschichten muss eine sehr langsame gewesen sein; denn die Fauna ändert sich während dieser Zeit nur wenig; wir treffen Brachiopoden, wenn auch in grösserer Menge in den tieferen Schichten, in allen Horizonten bis oben hin verbreitet.

Aus den vorstehenden Untersuchungen der Gesteine und ihrer Einschlüsse im Bundsandstein und Muschelkalk ergiebt sich, dass die Bewegungen zwischen Landfeste und Meer in verticaler Rich-

tung erfolgt sein müssen, ohne dass wir in der Lage wären anzugeben, ob die Bewegungen in Schwankungen des Festlandes, des Meeresspiegels oder in einer Combination dieser Bewegungen bestanden haben.

Untersucht man auch die Mächtigkeit der Schichten, so treffen wir auf auffallende Verschiedenheiten, in der Weise, dass die Mächtigkeit einzelner Schichten-Complexe nach Norden hin zunimmt. Hierbei kann jedoch der Hauptbuntsandstein nicht in Betracht kommen, weil die Unebenheit des Untergrundes, auf welchem er lagert, zur Folge hat, dass seine Mächtigkeit in verschiedenen Gegenden sehr verschieden ausfällt. Man muss also zum Vergleich die höheren Glieder der Trias heranziehen.

Ich gebe in nachstehender Tabelle eine Zusammenstellung der Mächtigkeit des unteren und oberen Wellenkalks, sowie dessen Gesamtmächtigkeit in verschiedenen Theilen Deutschlands, aus welcher das bedeutende Anwachsen desselben von Süden nach Norden zu hervorgeht.

No.	Gegend	Beobachter	Mächtigkeit des Unteren Wellenkalks Meter	Mächtigkeit des Oberen Wellenkalks Meter	Gesamtmächtigkeit des Wellenkalks Meter
1	Südöstlicher Schwarzwald	SCHALCH	20	27	47
2	Schwarzwald (Gegend von Nagold)	ECK	19	51	70
3	Jena	WAGNER	38	75	113
4	Meiningen	FRANTZEN	36	77	113
5	Oberschlesien	ECK	89	72	161
6	Rüdersdorf	ECK	77	73	150
7	Warburg und Sandebeck ¹⁾	FRANTZEN	78,9	77,0	164,9

¹⁾ Es sind hier die Resultate der Messung an 2 Orten, bei Sandebeck und bei Liebenau an der Ostgrenze von Westfalen combinirt. Bei Sandebeck beträgt die Mächtigkeit des Wellenkalks von seiner Basis bis zur Bank α 87,86 Meter, von dort bis zur Oberkante der oberen Terebratelbank 48,94 Meter. Die Mächtigkeit der Schichten über dieser Bank bis zum Mittleren Muschelkalk wurde bei Liebenau auf 28,08 Meter festgestellt.

Aehnliche Verhältnisse zeigen sich auch im Oberen Muschelkalk. Man ist ganz überrascht, wenn man vom Thüringer Walde kommend den sehr zusammengeschrumpften Oberen Muschelkalk bei Freiburg im Breisgau zu sehen bekommt.

Wenn bei der Grösse der Sedimentbildung auch manche Zufälligkeiten mitwirken mögen, so sind doch die Unterschiede in der Mächtigkeit des Wellenkalks so gross, dass sie nicht allein auf ihre Rechnung gesetzt werden können. Da der Muschelkalk auch nicht aus angeschwemmtem Materiale besteht, sondern die Hauptmasse desselben an Ort und Stelle entstanden sein muss, so bleibt kein anderer Ausweg, als anzunehmen, dass bei den Bewegungen zwischen Landfeste und Meer das Festland sich ein wenig nach N. hin gesenkt habe.

Diese Senkung war jedoch eine so geringe, dass sie die Gleichmässigkeit des Baues der Gebirgsschichten nicht wesentlich gestört hat. Jedoch ist es wohl möglich, dass kleine Verschiedenheiten, wie der Uebergang der kalkigen *Modiola*-Schichten bei Meiningen in Röhthou nach Süden zu theilweise auf Rechnung dieser schwachen Transgressionsbewegung zu setzen wäre.

Die nahezu senkrechte Bewegung lässt die weite Verbreitung selbst schwacher Schichten der Trias, wie der Lehrbergschicht, und der Oolithbänke des Wellenkalks begreiflich erscheinen. Die BORNEMANN'sche Transgressionstheorie stösst dagegen überall auf unlösbare Widersprüche. BORNEMANN hat den Buntsandstein in sehr schräger Lage unter den Meeresspiegel versinken lassen; »darüber und daneben« bilden sich der Reihe nach Röth und Wellenkalk. Wie die bei der positiven Bewegung abgesunkenen Schichten aber aus ihrer schrägen Lage wieder in die Höhe kommen sollen, und in welcher Weise sich bei der Umkehrung der Bewegung der Mittlere Muschelkalk auf den Wellenkalk legen soll, dies einzusehen, ist mir nicht möglich.

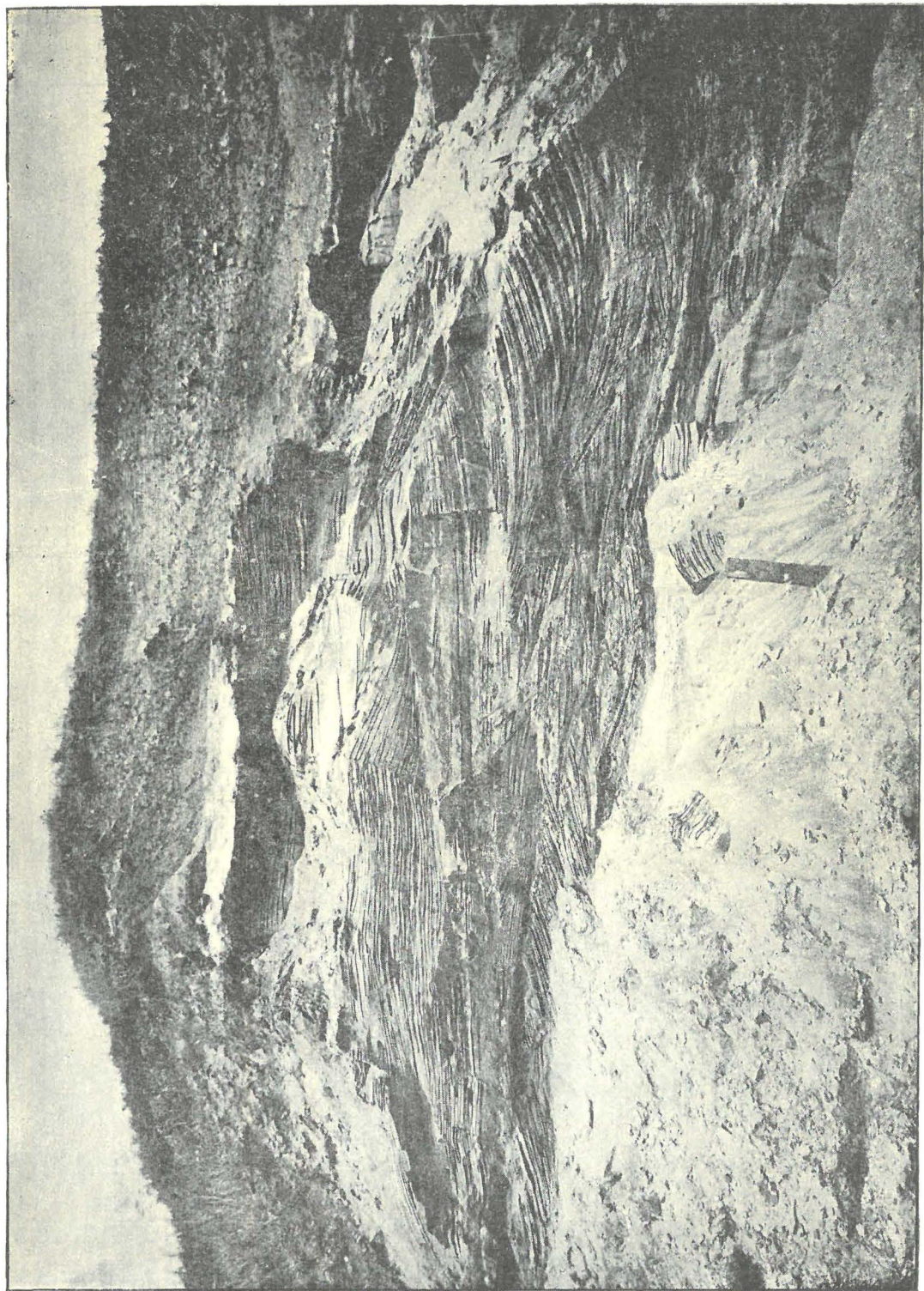
Tafel XI.

**Diagonale Structur der Sandschichten des Werradiluviums
am Drachenberge bei Meiningen (Profil in der Rich-
tung des Stromstrichs) S. 144**



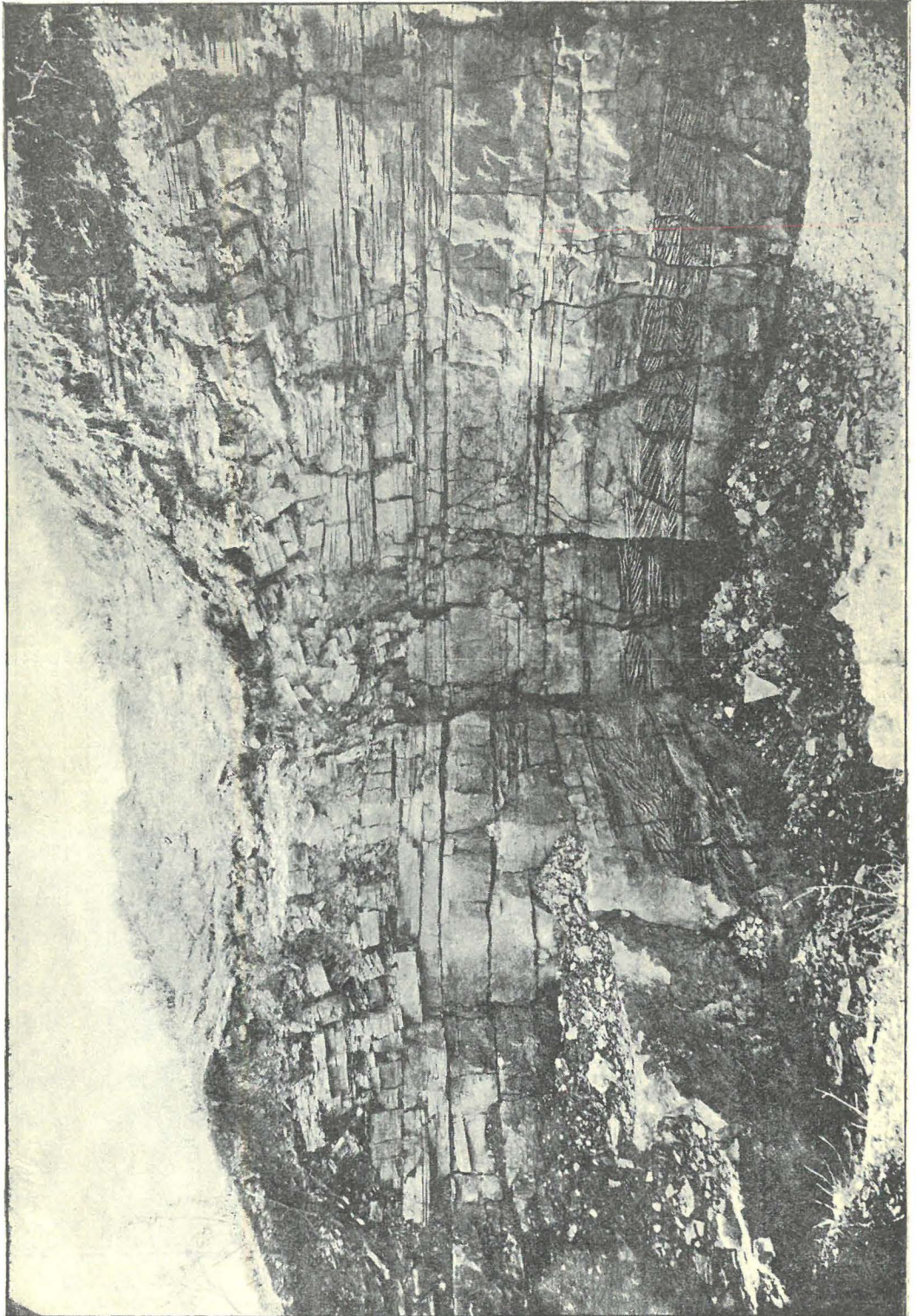
Tafel XII.

Diagonale Structur der Sandschichten des Werradiluviums
am Drachenberge bei Meiningen (Profil schräg gegen
den Stromstrich) S. 146



Tafel XIII.

Diagonale Structur in der unteren Schaumkalkbank (Zone δ)
bei Meiningen S. 148

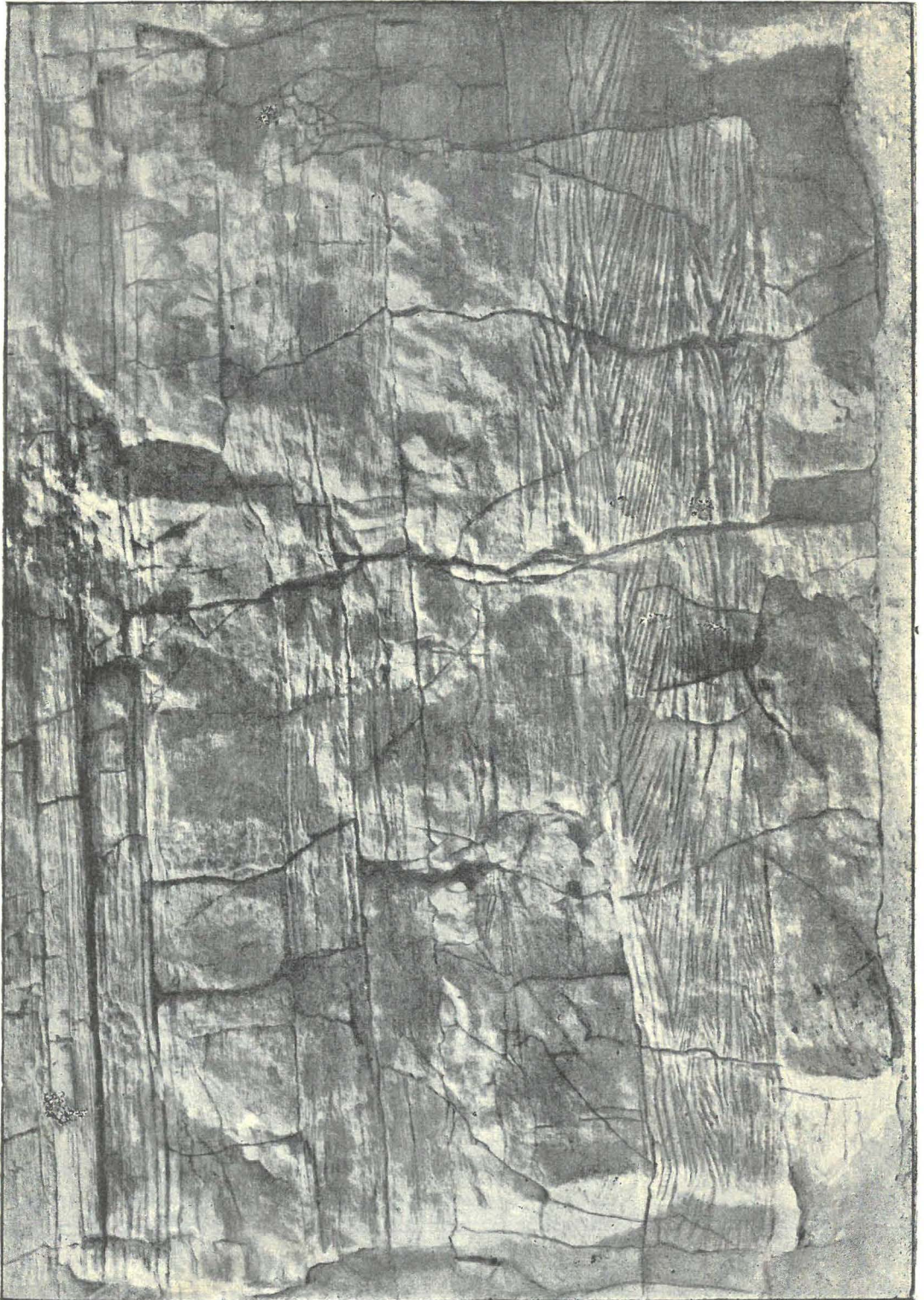


Tafel XIV.



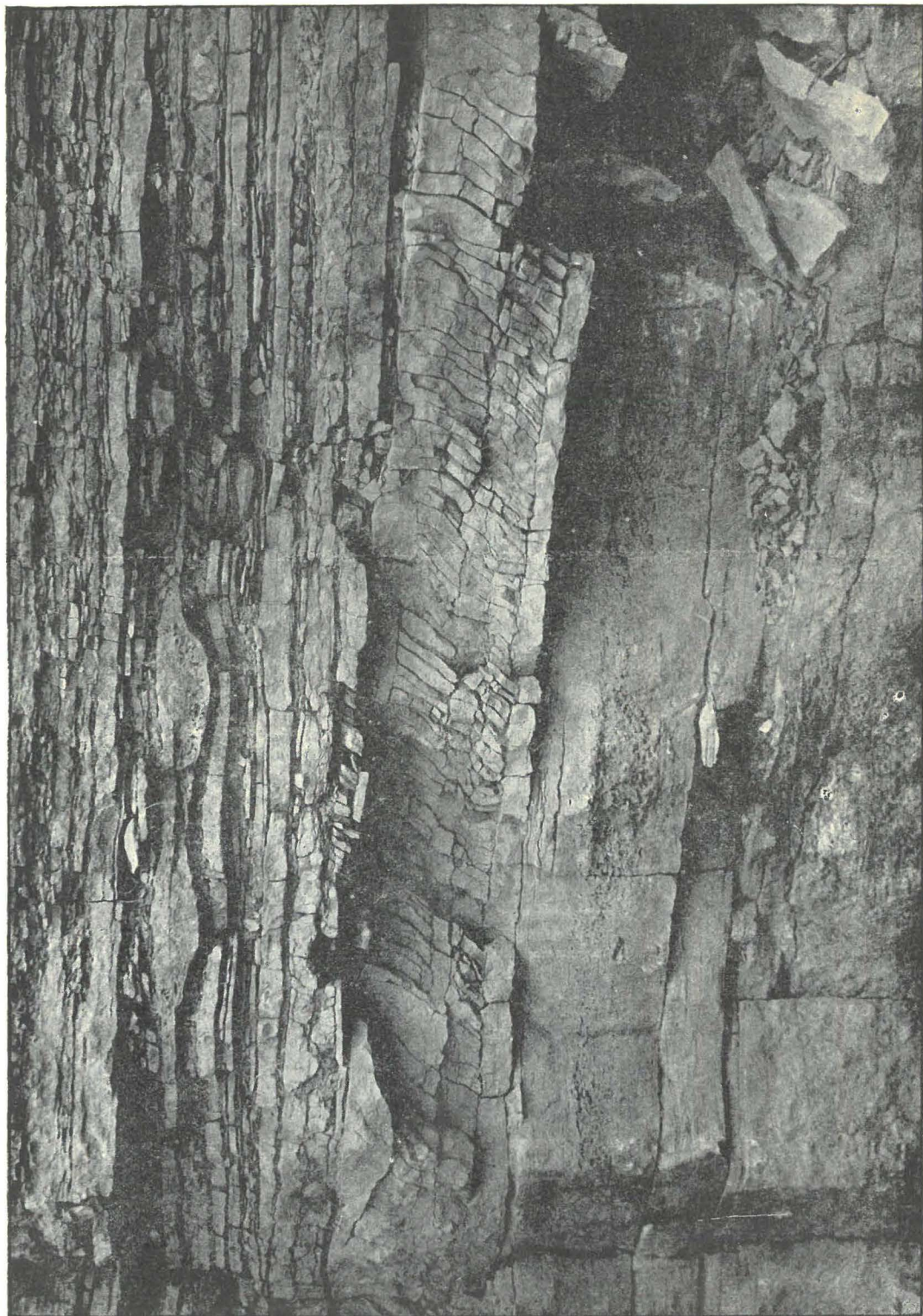
Diagonale Structur in der unteren Schaumkalkbank (Zone δ)
bei Meiningen S. 148





Tafel XV.

Schräge Zerklüftung einer Wellenkalkschicht in der Schaumkalkzone δ . — Steinbruch in der oberen Schaumkalkbank an der Westseite der oberen Kuhtrift bei Meiningen S. 153



Tafel XVI.

Haken- und Zickzackförmige Zerklüftung einer Wellenkalkschicht in der Schaumkalkzone δ . — Steinbruch in der oberen Schaumkalkbank an der Westseite der oberen Kuhtrift bei Meiningen S. 153

