



Natural History Museum Library



000309745

2 1/2 - r





# GEOLOGISCHE RUNDSCHAU

ZEITSCHRIFT FÜR ALLGEMEINE GEOLOGIE

HERAUSGEGEBEN VON DER

GEOLOGISCHEN  
VEREINIGUNG

UNTER DER SCHRIFTFÜHRUNG VON

G. STEINMANN

(BONN)

W. SALOMON

(HEIDELBERG)

O. WILCKENS

(STRASSBURG i. E.)

ERSCHEINT JÄHRLICH IN 8 HEFTEN VON JE 4—5 BOGEN

BEZUGSPREIS M. 12.—. EINZELHEFTE M. 2.—



LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1917



# INHALT

Seite

## I. Aufsätze und Mitteilungen:

Hans Stille, Injektivfaltung und damit zusammenhängende Erscheinungen. - (Mit 15 Figuren im Text) : . . . . . 89

## II. Besprechungen:

Die Geologie von Neuseeland. (Otto Wilckens) . . . . . 143

## III. Geologischer Unterricht:

Verzeichnis der geologischen Vorlesungen an den deutschen Hochschulen im Sommersemester 1917 . . . . . 162

## IV. Bücher- und Zeitschriftenschau:

Jahresberichte und Mitteilungen des Oberrheinischen geologischen Vereins. Bd. VI, Heft 2 . . . . . 165

Sapper, Katalog der geschichtlichen Vulkanausbrüche . . . . . 165

Mintrop, Einführung in die Markscheidekunst . . . . . 166

J. Park, A Textbook of Geology . . . . . 166

Geologische Karte von Preußen. Lief. 212. Bl. Marburg und Niederwalgern . . . . . 166

## V. Geologische Vereinigung:

Bericht über die Hauptversammlung in Frankfurt a. M. am 6. Januar 1917 . . . . . 168

---

*Die Fachgenossen und Verleger werden gebeten, Bücher und Sonderabzüge zum Zweck der Besprechung an den Verleger der Rundschau, Wilhelm Engelmann, Leipzig, Mittelstraße 2 zu senden. Ebendahin sind auch Beschwerden über nicht zugegangene Hefte der Zeitschrift zu richten.*

---

### *Zusendungen an die Schriftleitung.*

*An den Schriftleiter Professor G. Steinmann, Bonn, Poppelsdorfer Allee 98 sind zu senden:*

1. Aufsätze und kleinere Mitteilungen, Notizen usw.
2. Besprechungen aus den Gebieten: Tektonik, Niveauschwankungen, Morphologie, Erosion, Glazialgeologie, Sedimentbildung, Erdöl, Kohlen, usw. Geologischer Unterricht.

### *An den Schriftleiter Professor W. Salomon, Heidelberg:*

Besprechungen aus den Gebieten: Chemische Geologie, Petrographie, Salzlagerstätten, Metamorphosen, Erzgangbildung, Präkambrium, Erdinneres, Vulkanismus, Erdbeben, Geologie anderer Weltkörper, Technische Geologie.

### *An den Schriftleiter Professor O. Wilckens, Straßburg i. E., Ruprechtsauer Allee 22:*

Besprechungen aus den Gebieten: Stratigraphie, Regionale Geologie.

Die Verfasser von Aufsätzen und Mitteilungen erhalten 100 Sonderdrucke unentgeltlich, weitere gegen Erstattung der Herstellungskosten. Zusammenfassende Besprechungen werden mit 60 *M*, Einzelreferate und kleinere Mitteilungen mit 40 *M* für den Bogen bezahlt. Von den Besprechungen werden 50 Sonderdrucke unentgeltlich, weitere gegen Erstattung der Herstellungskosten geliefert.

Die Kosten für Satzverbesserungen, die das übliche Maß überschreiten, fallen den Verfassern zur Last.

Über die Beigabe von Abbildungen ist vorherige Verständigung mit der Schriftleitung erforderlich.

In der Niederschrift sind zu bezeichnen:

Verfassernamen ~~~~~ (Majuskel), Versteinerungsnamen ——— (kursiv), wichtige Dinge ——— (gesperrt), Überschriften = = = = (fett).

---

# I. Aufsätze und Mitteilungen.

## Injektivfaltung und damit zusammenhängende Erscheinungen.

Von **Hans Stille** (Göttingen).<sup>1)</sup>

(Mit 15 Figuren im Text.)

### Inhalt.

	Seite
Einleitung: Die Begriffe »Injektivfaltung« und »Faltungsinjektion« . . . . .	90
I. Die drei Haupttypen der saxonischen Faltung . . . . .	92
1. Schilderung der Typen . . . . .	92
a) Der niederhessische Faltungstypus (dejektive Faltung) . . . . .	92
b) Der nordhannoversche Faltungstypus (ejektive Faltung) . . . . .	94
c) Der südhannoversche Faltungstypus (kongruente Faltung) . . . . .	95
2. Die Verknüpfung der Typen saxonischer Tektonik . . . . .	96
a) Räumliche Verknüpfung . . . . .	96
b) Verknüpfung durch Mittelformen . . . . .	96
3. Hessische »Gräben« und nordhannoversche »Horste« als Teile von Falten . . . . .	98
II. Vorbemerkungen zur Erklärung injektiver Faltungen . . . . .	101
1. Die Faktoren Mobilität und Position beim Zustandekommen einer Faltung . . . . .	101
a) Der Faktor Mobilität (Gefügigkeit gegen den orogenetischen Druck) . . . . .	101
b) Der Faktor Position (Erreichbarkeit für den orogenetischen Druck) . . . . .	107
c) Selektive Faltung nach Mobilität und Position . . . . .	108
2. Faltung und Faltungsarbeit . . . . .	109
III. Erklärung der kongruenten und injektiven saxonischen Faltung . . . . .	112
1. Das Untergrundbild bei Eintritt der saxonischen Faltung . . . . .	112
2. Selektive saxonische Faltung . . . . .	114
3. Inkongruente Faltung infolge von ungleichmäßiger Druckwirkung . . . . .	116
a) Dejektive Faltung bei starrerem Tiefe . . . . .	117
b) Ejektive Faltung bei mobilerer Tiefe . . . . .	119
4. Kongruente Faltung bei gleichmäßiger Druckwirkung . . . . .	125
5. Zusammenfassung . . . . .	126
IV. Injektive Salzfaltung und Salzaufstieg . . . . .	130
1. Injektive Salzfaltung und Mobilität . . . . .	130
2. Isostatischer Auftrieb des spezifisch leichten Salzes nach ARRHENIUS-LACHMANN . . . . .	134
3. Salzinjektion in Spalten . . . . .	135
4. Terminologisches . . . . .	135
V. Zur Systematik der Horste und Gräben . . . . .	136
1. Begriff Horst und Graben. Haupteinteilung . . . . .	136
2. Undulationshorste und Undulationsgräben . . . . .	137

<sup>1)</sup> Vorgetragen auf der Hauptversammlung in Frankfurt a. M. am 6. Jan. 1917.

	Seite
3. Undationshorste und Undationsgräben . . . . .	138
4. Unterscheidung von Horsten und Gräben undatorischer und undulatorischer Entstehung . . . . .	140
5. Hebung und Senkung bei der Entstehung der Horste und Gräben .	141

### Textfiguren.

Fig. 1. Schematisches Bild eines hessischen Grabens (dejektive Faltung) .	93
Fig. 2. Schematisches Bild eines nordhannoverschen Horstes (ejektive Faltung) . . . . .	94
Fig. 3. Schematisches Bild einer Falte von südhannoverschem Typus (kongruente Bruchfaltung) . . . . .	95
Fig. 4. Der räumliche Zusammenhang zwischen den Haupttypen saxonischer Faltung . . . . .	97
Fig. 5. Reihenfolge der Haupttypen saxonischer Faltung von S. nach N., veranschaulicht in einem schematischen Profile . . . . .	98
Fig. 6. Profilreihe durch einen niederhessischen Graben. . . . .	99
Fig. 7. Die drei Haupttypen saxonischer Tektonik unter Vernachlässigung der Verwerfungen . . . . .	100
Fig. 8. Formen der Einpassung auf engeren Raum. . . . .	111
Fig. 9. Untergrund und Faltungsform bei der saxonischen Gebirgsbildung. .	113
Fig. 10. Gesteinsmobilität und Faltungsform . . . . .	122
Fig. 11. Ungleiche Hochbewegung von Hangendem und Liegendem bei ungleichmäßiger Einengung . . . . .	124
Fig. 12. Schematische Veranschaulichung der Injektion komprimablerer Massen in Zonen geringerer Kompression . . . . .	127
Fig. 13. Inkongruente Faltung und Faltungswiderstände . . . . .	128
Fig. 14. Injektion und Gegenbewegung (Reaktion) bei inkongruenter Faltung	129
Fig. 15. Schmale (undulatorische) »Schollengräben« in einem weiten (undatorischen) »Beckengraben« . . . . .	141

### Einleitung:

#### Die Begriffe »Injektivfaltung« und »Faltungsinjektion«.

Unter »injektiver Faltung« verstehe ich eine Faltung unter gesteigertem Vortriebe einzelner Faltelemente. Der Vortrieb kann ins Liegende, Hangende oder Nebengebirge gerichtet sein; erfolgt er ins Liegende, so spreche ich von dejektiver (dejektiv = abwärtig injektiv), erfolgt er ins Hangende, von ejektiver (ejektiv = aufwärtig injektiv) Faltung. Eine »Faltungsinjektion« (Injektion durch Faltung) ist ein Eintrieb von Gesteinsmaterial in benachbartes Gebirge durch den episodischen orogenetischen Druck (Faltungsdruck). Die Begriffe »injektive Faltung« und »Faltungsinjektion« decken sich nicht ganz, wenigstens solange man die Möglichkeit offen läßt, daß unter bestimmten Verhältnissen auch vulkanischer Glutbrei durch tektonischen Druck vorgetrieben werden kann (tektonische Injektion vulkanischen Materials neben derjenigen nichtvulkanischen). Dazu ist injektive Faltung das Gesamtphänomen einer Faltung, die hinsichtlich einzelner Faltelemente injektiv verfährt, die »Faltungsinjektion« dagegen der spezielle Vortrieb des einzelnen Faltelementes.



Die Bezeichnung »injektive« Faltung ist ja der vulkanischen Nomenklatur entlehnt, denn in extremen Fällen haben die resultierenden Injektivkörper hinsichtlich ihrer Konturen und ihrer Lage zum Nebengebirge mancherlei Ähnlichkeit mit vulkanischen Intrusivmassen. So können z. B. die Gänge, die von sehr mobilen Tonmassen oder gar vom »Salzbrei« gebildet werden, den Gängen von »Glutbrei« als geologische Körper sehr ähneln, und auch die »Salzstöcke« können in manchen Fällen an Eruptivstöcke kleinerer Ausmessung erinnern. Aber auch hinsichtlich der wirkenden Kräfte und der ganzen Art des injektiven Vorganges scheinen Vergleichspunkte zwischen gewissen Arten vulkanischer Injektion und dem tektonischen Vorschube einzelner ungewöhnlich mobiler, dabei aber nichtvulkanischer Materialien zu bestehen.

Auch sonst sind in der geologischen Literatur zur Kennzeichnung von tektonischen Erscheinungen bereits Bilder aus dem Gebiete des Vulkanismus entlehnt worden. So sei, um nur bei den deutschen Verhältnissen zu bleiben, an das »eruptive« Röt E. ZIMMERMANN<sup>1)</sup> und an E. HARBORTS<sup>2)</sup> Ausführungen über das Aufsteigen der Salzmassen in Spalten nach Art eines Magmas erinnert. Allerdings wurden, besonders in letzterem Falle, die treibenden Kräfte anders aufgefaßt, wie ich es im folgenden tue, nämlich nicht als tangential gerichtet und episodisch wirkend, sondern als vertikal gerichtet und mehr oder weniger kontinuierlich andauernd. Auch F. RINNE<sup>3)</sup> spricht von einer »Injektion« der Salzmassen in ihr Nebengestein.

1) E. ZIMMERMANN, Wissensch. Bericht über Aufnahmen auf den Blättern Stadtilm und Plaue. Jahrb. preuß. geol. Landesanst. f. 1889. S. LIV: »Innerhalb dieses [Störungs-]Streifens ist ein Sattel bemerkenswert, der unter den mancherlei Formen seiner Ausbildung auch eine solche zeigt, wo in der Achse des Sattels als ältestes Glied Mittlerer Muschelkalk hinzieht und mitten aus diesem eine nur ganz kleine (800 und 200 Schritt Durchmesser zeigende) linsenförmig umgrenzte Stelle zutage tritt, gebildet vorwiegend von Mittlerem und daneben von etwas Oberem Buntsandstein. Kartographisch ist das Bild dieses Auftretens eines tieferen Gesteins zwischen höher gelegenem, im Kern eines Sattels, mehr ähnlich dem eines Eruptivstockes, als dem eines Horstes! — Ich kann hier zugleich noch kurz hervorheben, daß ich in der Fortsetzung derselben Störungszone noch an mehreren Stellen Röt in einer Weise habe auftretend gefunden, daß das Kartenbild ganz an das eines Eruptivgesteinsanges erinnert, welcher bald eine mit Verwerfung verbundene Spalte benutzt, bald eine Spalte, neben welcher keine Verwerfung nachweisbar ist.«

Derselbe, Über eigentümliche »eruptive« Formen des Auftretens von Sedimentgesteinen bei Stadt Ilm. Ztschr. d. deutsch. Geol. Ges. 1895, S. 615.

2) Vgl. u. a. E. HARBORT, Zur Geologie der nordhannoverschen Salzhorste. Ztschr. d. deutsch. geol. Ges. 1910, Monatsber., S. 330 und 331.

3) F. RINNE, Metamorphosen von Salzen und Silikatgesteinen. 7. Jahresber. d. Niedersächs. geolog. Ver. 1914, S. 252ff., spez. S. 255, 264/265. — S. 255: »Weiterhin kann es unter dem Einfluß des Hangenddruckes ebenfalls zu seitlichen Vorschüben kommen, wenn plastischem Material, etwa Salzen, die Gelegenheit zum Abfließen in Zonen geringeren Widerstandes der Gesteinsschale sich darbietet, in die sie dann gangförmig injiziert werden.«

## I. Die drei Haupttypen der saxonischen Faltung.

### 1. Schilderung der Typen.

Aus der Fülle tektonischer Formen, zu denen die saxonische Bruchfaltung im mittel- und nordwestdeutschen Boden geführt hat, treten einige Haupttypen besonders hervor, die wieder durch Übergänge in weitestem Maße miteinander verknüpft sind. Es ist zunächst ein mittlerer Typus vorhanden, nämlich derjenige der normalen oder, wie ich ihn hier gleich nennen will, da in ihm die zerrissenen Sättel und Mulden einigermaßen kongruent entwickelt sind, der

kongruenten saxonischen Faltung.

Demgegenüber ist die

inkongruente saxonische Faltung

durch starke Verschiedenheit in der Entwicklung der Sättel und Mulden charakterisiert. Sie erscheint in den Formen der

dejektiven saxonischen Faltung,

wenn die Muldenzonen unverhältnismäßig tief eingesenkt sind, und der

ejektiven saxonischen Faltung,

wenn die Sattelzonen eine unverhältnismäßig weite Vorstülpung erfahren haben.

Diese Typen der saxonischen Faltung trennen sich auch regional, und nach den Hauptverbreitungsgebieten in den niederhessisch-niedersächsischen Landen unterscheide ich

1. den niederhessischen Typus (dejektive Faltung),
2. den südhannoverschen Typus (kongruente Faltung),
3. den nordhannoverschen Typus (ejektive Faltung).

Der niederhessische Typus kommt am auffälligsten in den hessischen »Grabenzonen« zum Ausdruck; der nordhannoversche Typus hat seine Hauptverbreitung im mittleren und nördlichen Hannover, im Gebiete der »Horste«, d. h. der hochaufgepreßten Sattelkerne. Dazwischen liegt im Randgebiete des Niederdeutschen Beckens das Gebiet der kongruenten Bruchfaltung (südhannoverscher Typus).

#### a) Der niederhessische Faltungstypus (dejektive Faltung).

In der Hessischen Senke (Rheinische Tiefe vor dem Ostrande der Rheinischen Masse) finden wir, wenn wir absehen von den tertiären und eruptiven Gesteinen, die ja nach den Untersuchungen von GRUPE, BÜCKING u. a. jünger als der Hauptteil der saxonischen Tektonik sind, in weitester Verbreitung flachlagernde oder schwach gewellte Tafeln älterer Trias, in die in schmalen, aber weit fortstreichenden Zonen jüngere Schichten, vorwiegend solche des Muschelkalks und Keupers, lokal auch des Juras, eingesenkt sind. Diese schmalen Zonen jüngeren Gesteins sind die hessischen Gräben. Wir haben also in Niederhessen sehr breite Bezirke der älteren Schichten und recht schmale Zonen jüngerer und finden die Dislokationen besonders dort,

wo die jüngeren Schichten auftreten. Diese Dislokationszonen sind eben in erster Linie die Grabenzonen, und wenn man einen Überblick über die Tektonik Hessens gewinnen will, so pflegt man ja zunächst den Verlauf der Grabenzonen zu verfolgen.

Fig. 1 zeigt uns einen schematischen Schnitt durch einen hessischen Graben, veranschaulicht an der Lage einer einzelnen Schicht.

Die Grabenzonen sind als Mulden, die dazwischen liegenden Bezirke älterer Sedimente als Sattelgebiete aufzufassen, wenn auch in letzteren die Schichten weithin völlig oder fast völlig flach liegen und die sattelförmige Anordnung erst mit Annäherung an die Grabenzonen etwas deutlicher in Erscheinung zu treten pflegt. Ich bezeichne diese Sattelzonen, die gegenüber den schmalen Muldenzonen eine ganz ungewöhnliche Breite haben, als »Breitsättel«.

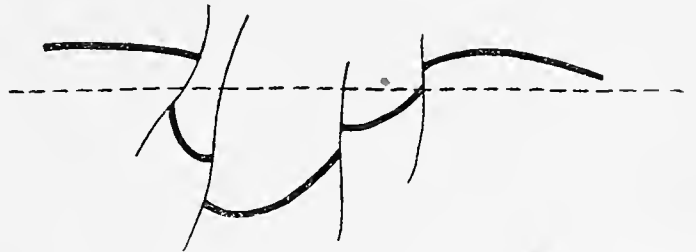


Fig. 1. Schematisches Bild eines hessischen Grabens (dejektive Faltung).

Hier und da treten in den Grabenzonen Niederhessens und der östlich angrenzenden thüringischen Gebiete schmale Streifen (»Aufpressungshorste«) älterer Schichten, und selbst solcher, die älter als die Schichten der angrenzenden Breitsättel sind, auf; recht häufig handelt es sich um Zechstein. Aber diese Aufpressungen werden nach Masse und Betrag durch Masse und Betrag der Einsenkungen in der Regel mehr als ausgeglichen, so daß auch dort, wo diese »Grabenhorste« auftreten, die tektonische Gesamtleistung auf die Niederziehung einer schmalen Erdzone hinauskommt. Allerdings ist somit der Bau der Grabenzone lokal wesentlich verwickelter, als das einfache Schema in Fig. 1 angibt; es sind tektonische Zonen, die entweder, was die Regel ist, ganz aus versenkten Schichten bestehen, oder in denen die versenkten Schichten doch räumlich außerordentlich vorwalten.

Es ist eine sehr auffällige Erscheinung, daß die erwähnten Schollen höheren Alters nicht, wie man nach Erfahrungen in anderen Gebieten saxonischer Bruchfaltung wohl zunächst erwarten müßte, im Kerne der sattelförmigen Aufwölbungen, sondern gerade in den Zonen der Muldengräben auftreten; es ist, als ob eine Reaktion der Tiefe gegen den Senkungsvorgang (vgl. unten) eingetreten wäre. Jedenfalls liegt aber in diesen älteren Schollen innerhalb der Grabenzonen wieder ein Hinweis darauf, daß in den durch die Gräben charakterisierten tektonischen Zonen Niederhessens und der angrenzenden thüringischen Gebiete Kräfte gewirkt haben, die unter Umständen auch zur Aufpressung von Schollen aus größerer Tiefe heraus befähigt sind.

## b) Der nordhannoversche Faltungstypus (ejektive Faltung).

Die Umkehrung des hessischen Typus ist der nordhannoversche, wie wir ihn in seiner ausgesprochensten Entwicklung in Mittel- und Nordhannover kennen. Redet man in Hessen von den hessischen »Gräben«, um die tektonische Eigenart des Landes zu charakterisieren, so spricht man in Mittel- und Nordhannover von den hannoverschen »Horsten«, unter denen bekanntlich der »Salzhorst« eine ganz besondere Rolle spielt.

Das schematische Bild eines solchen Horstes gibt Fig. 2.

Wir haben hier weit verbreitet und weithin in recht flacher Lagerung die jüngeren Schichten (im Süden vorherrschend Kreide, im Norden

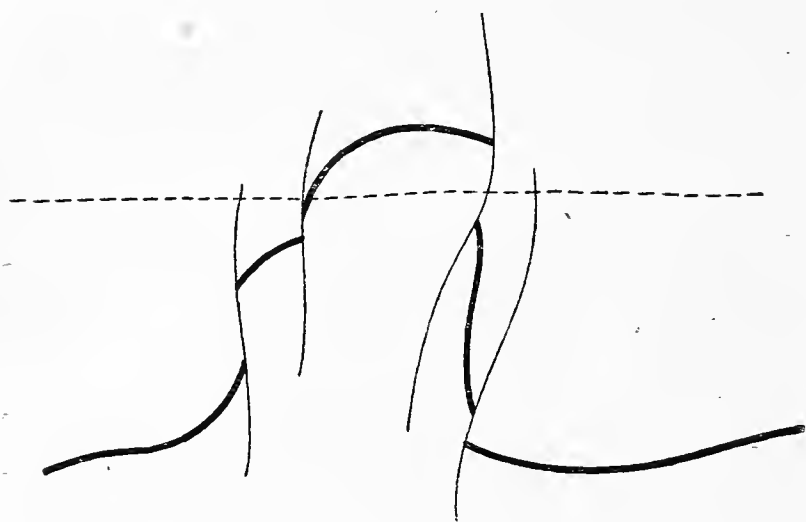


Fig. 2. Schematisches Bild eines nordhannoverschen Horstes (ejektive Faltung).

vorherrschend Tertiär<sup>1</sup>), dazwischen in schmalen Zonen die älteren (Jura, Trias, Zechsteinsalz). Die Dislokationszonen sind die Horstzonen, und wenn wir einen Überblick über die Tektonik dieser Gebiete, z. B. der Lüneburger Heide, gewinnen wollen, so folgen wir den »Aufpressungshorsten«.

Zwischen den hochgepreßten Horstzonen (Sattelzonen) erstrecken sich die weiten »Breitmulden«, bestehend aus flach oder doch nur schwach muldenförmig gelagerten jüngeren Schichten.

Man betrachte die Bilder 1 und 2, um zu erkennen, daß der eine Typus die Umkehrung des anderen ist. Inwiefern das zutrifft, sei im folgenden zusammengestellt:

## Niederhessen.

1. Ausgedehnte Bezirke ziemlich flachlagernder und verhältnismäßig wenig gestörter älterer Schichten (»Breitsättel«).
2. Schmale Zonen stark gestörter jüngerer Schichten (sog. Grabenzonen).
3. Störungszonen hauptsächlich dort, wo die jüngeren Schichten auftreten.

## Nordhannover.

- Ausgedehnte Bezirke ziemlich flachlagernder und verhältnismäßig wenig gestörter jüngerer Schichten (»Breitmulden«).
- Schmale Zonen stark gestörter älterer Schichten (sog. Horstzonen).
- Störungszonen hauptsächlich dort, wo die älteren Schichten auftreten.

<sup>1</sup> Hier ist im Gegensatz zu Hessen (s. oben) ein wesentlicher Teil der saxonischen Gebirgsbildung noch jünger als das vorhandene Tertiär, und zwar auch noch als das Obermiozän (vgl. H. STILLE, Untergrund der Lüneburger Heide usw. 4. Jahresber. d. Niedersächs. geol. Ver. 1911, S. 225ff., spez. S. 274—276).

Zusammenfassung.

Niederhessen:

Weitausgedehnte, schwachgefaltete bis flache Tafeln älterer Schichten, unterbrochen durch schmale, stark gestörte Zonen jüngerer.

Nordhannover:

Weitausgedehnte, schwachgefaltete bis flache Tafeln jüngerer Schichten, unterbrochen durch schmale, stark gestörte Zonen älterer.

Stellen wir die Bilder 1 und 2 übereinander, so ist das eine das Spiegelbild des anderen; was beim einen in abwärtiger Richtung eingetreten ist, hat sich beim anderen in aufwärtiger ereignet.

c) Der süd hannoversche Faltungstypus (kongruente Faltung).

Zwischen dem Gebiete des niederhessischen und dem des nordhannoverschen Faltungstypus liegt eine Zone, in der trotz vielfacher örtlicher Abweichungen im großen und ganzen eine mehr gleichmäßige Entwicklung der Sättel und Mulden zu erkennen ist. Ein schematisches Bild der dortigen zerbrochenen Falten gibt Fig. 3. In dieser

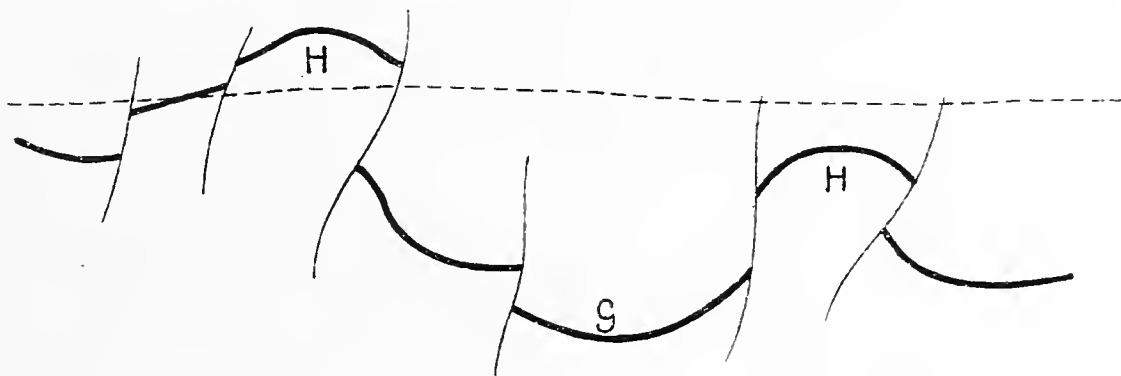


Fig. 3. Schematisches Bild einer Falte von süd hannoverschem Typus (kongruente Bruchfaltung).

Art sind im allgemeinen z. B. die Falten des Egge-Vorlandes oder diejenigen Südhannovers nördlich des Sollinggebirges, das noch den niederhessischen tektonischen Typus zeigt, entwickelt.

Wir erkennen »versenkte Muldenkerne« (*G*) und »gehobene Sattelkerne« (*H*). Neben der Mulde erscheint als nach der Entwicklung gleichberechtigter Sattel, neben dem »Graben« der »Horst«. Die Störungen setzen ziemlich gleichmäßig in jüngeren und älteren Schichten auf und das jüngere ist in der Verbreitung vor dem älteren und das ältere vor dem jüngeren nicht wesentlich bevorzugt, — soweit es sich nicht um transgredierende und nach der ältesten Faltungsphase abgelagerte Schichten handelt.

Das ist der süd hannoversche Typus der saxonischen Gebirgsbildung.



## 2. Die Verknüpfung der Typen saxonischer Tektonik.

Die drei geschilderten Typen der saxonischen Tektonik sind eng miteinander verknüpft, und zwar

- a) räumlich,
- b) durch Mittelformen.

### a) Räumliche Verknüpfung.

Weitaushaltende Systeme »rheinischer« und »herzynischer« Dislokationen setzen das saxonische Faltengitter zusammen, und die einzelnen Wellen durchkreuzen einander, häufig unter Interferenzerscheinungen, oder lenken auch wohl ineinander ein oder setzen sich nach ihrer Vereinigung in Mittelrichtungen fort. Eine infolge Kriegsausbruches leider bisher nicht zur Veröffentlichung gelangte tektonische Karte der niederhessisch-niedersächsischen Lande wird all diese Verhältnisse im einzelnen zeigen. Nord-südlich gerichtete Dislokationszonen verfolgen wir von Hessen aus weit nordwärts. So durchschneidet die »Schwalm—Leine—Nette-Zone« fast geradlinig ganz Niederhessen und kreuzt dabei die Fulda bei Altmorschen und die Werra oberhalb Witzhausen, folgt bei Göttingen dem Leinetale und verläßt dieses bei Northeim, nachdem die Hauptfortsetzungen des Leinetalgrabens nach NW. abgebogen sind, setzt dann am Westrande des Harzes her und ist weiter nordwärts im flachen Hügellande und danach im Flachlande bis zur Aller, ja wahrscheinlich über diese hinaus bis zur Elbe und bis Mecklenburg zu verfolgen. Eine andere, die »Eder—Diemel—Egge-Zone«, führt von Hessen in nordwestlicher Richtung, sich immer mehr komplizierend, indem sie immer neue herzynische Stränge von Osten her aufnimmt, zum Eggegebirge und Osning. So haben wir einheitliche und zusammenhängende Zonen tektonischer Vorgänge, aber die Art der Vorgänge unterliegt innerhalb der Zonen großen Änderungen. Im Süden enthalten die Zonen die hessischen »Gräben«, weiter nördlich die südhannoverschen Sättel und Mulden und endlich in den Randgebieten des Flachlandes und in dem Flachlande selbst die nordhannoverschen »Horste«. Kommen wir z. B. aus Niederhessen nach Südhannover, so treten die typischen Gräben bald zurück und statt ihrer erscheinen die breiten »Versenkungsbecken« v. KOENENS (Hilsmulde, Markoldendorfer Mulde, Gronauer Kreidemulde usw.), die schon deutlichst den Charakter der Mulde tragen und ja auch von alters her als solche bezeichnet worden sind. Gehen wir anderseits von der Lüneburger Heide südwärts, so treten an die Stelle der schmalen Horstzonen die sich verbreiternden Sättel, wie etwa der Hildesheimer Wald.

### b) Verknüpfung durch Mittelformen.

Aber nicht nur räumliche Zusammenhänge verknüpfen die Typen saxonischer Gebirgsbildung, sondern alle formalen Übergänge vermitteln vom südhannoverschen sowohl zum niederhessischen, wie auch

zum nordhannoverschen Typus, und so verknüpfen sich über den südhan-  
 noverschen auch die in ihrer Form so entgegengesetzten niederhessischen  
 und nordhannoverschen Typen miteinander. Der Graben verbreitert sich,  
 der trennende Bezirk älterer Gebilde verschmälert sich, während  
 die Wölbung der Schichten in ihm zunimmt, und aus dem »nieder-  
 hessischen« wird ein »südhannoversches« Gebilde; — die nordhan-  
 noversche »Horstzone« ge-  
 winnt an Breite auf Kosten  
 der trennenden Zonen flach-  
 lagernder jüngerer Sedi-  
 mente, die eine zunehmende  
 muldenförmige Anordnung  
 erkennen lassen, — und  
 aus dem nordhannoverschen  
 Typus saxonischer Faltung  
 entwickelt sich der süd-  
 hannoversche. So sind die  
 »niederhessischen«, »süd-  
 hannoverschen« und »nord-  
 hannoverschen« Formen der  
 saxonischen Gebirgsbildung  
 nur Typen, und zwar die  
 niederhessische und nord-  
 hannoversche Form sozu-  
 sagen die extremsten, die  
 südhannoversche Form ein  
 mittlerer Typus in einer  
 langen Reihe ineinander  
 übergehender tektonischer  
 Gebilde.

Den von Süden nach  
 Norden erfolgenden Über-  
 gang vom niederhessischen  
 zum südhannoverschen und  
 weiter zum nordhannover-  
 schen Typus veranschau-  
 lichen in ganz schemati-  
 scher Weise Fig. 4 und 5,

und zwar Fig. 4 in einer Grundrißdarstellung, Fig. 5 in einem von Norden  
 nach Süden gelegten Profile. Fig. 4 soll speziell zeigen, wie sich räum-  
 lich der Breitsattel Niederhessens mit dem Sattel Südhannovers und  
 dem Horst Nordhannovers und ferner der Graben Hessens mit der  
 Mulde Südhannovers und der Breitmulde Nordhannovers verknüpft.  
 In dieser Figur ist auch der bald herzynisch, bald rheinisch gerichtete  
 Verlauf der saxonischen Faltungszonen angedeutet, und daß dabei für

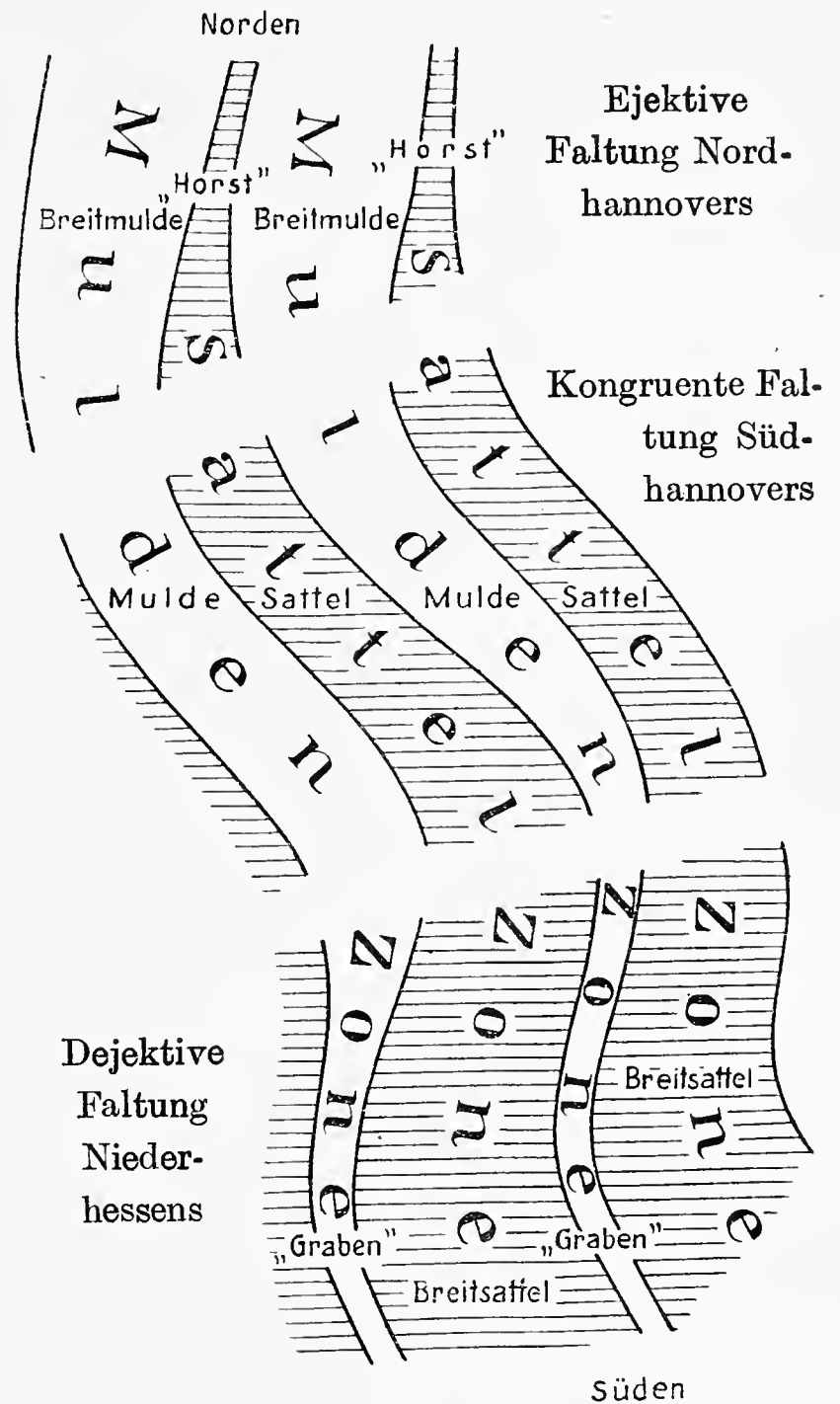


Fig. 4. Der räumliche Zusammenhang zwischen den Haupttypen saxonischer Faltung.

den südhanoverschen Typus die herzynische Richtung gewählt wurde, mag andeuten, daß dieser Typus besonders deutlich dort entwickelt ist, wo die saxonische Faltung vorwiegend herzynisch geht, wenn er auch



Fig. 5. Reihenfolge der Haupttypen saxonischer Faltung von S. nach N., veranschaulicht in einem schematischen Profile.

an anderen Stellen ebensogut unter rheinischer Richtung oder unter Egge-Richtung (Mittelrichtung zwischen rheinischen und herzynischen Falten) auftritt.

### 3. Hessische Gräben und nordhanoversche Horste als Teile von Falten.

Sind die Gebilde Südhanovers »Falten«, entstanden durch seitlichen Druck, so sind auch einerseits die hessischen Gräben, andererseits die nordhanoverschen Horste Falten oder Teile von solchen, und zwar sind sie ganz extreme Formen der Faltung, die sich aus örtlichen Verhältnissen erklären. Es ist undenkbar, daß der hessische Graben, der im Fortstreichen zur südhanoverschen Mulde wird und mit dieser durch alle Übergangsformen verbunden ist, oder daß der nordhanoversche Horst, an dessen Stelle nach Süden ganz allmählich normale saxonische Sättel treten, durch ganz andere Kräfte erzeugt sein sollte, wie die eine Mittelstellung einnehmende südhanoversche Falte; verschieden war nur die örtliche Wirkungsweise der Kräfte. Oder wo wäre der Schnitt zu machen zwischen den Gebilden von südhanoverschem Typus, die man noch als Falten ansprechen dürfte, und denen von hanoverscher oder niederhessischer Art, denen diese Bezeichnung vorzuenthalten wäre?

Als Hauptargument dafür, daß die saxonische Gebirgsbildung eine Faltung ist, habe ich gegenüber der SUESSschen Senkungstheorie unter genauer Darstellung der beweisenden Verhältnisse geltend gemacht<sup>1)</sup>, daß sie mit einer Aufwärtsbewegung der sich in die Form der Mulden und Sättel legenden und dabei vielfach zerreißenen Gesteinsmassen verbunden war, wie ja überhaupt Faltungszonen Zonen der orogenetischen Aufwärtsbewegung sind. Und auch die hessischen Gräben sind gleichzeitig mit einer Aufwärtsbewegung des ganzen sie umschließenden Gebietes der hessischen Tiefe entstanden, — wie jedenfalls für ihre Fortsetzung im südöstlichen Westfalen aus der den tektonischen Bewegungen folgenden tiefeingreifenden Denudation der vorher versenkt-

<sup>1)</sup> Vgl. u. a. H. STILLE, Die saxonische »Faltung«. Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1913, Bd. 65, Monatsber., S. 575 ff.



liegenden Gesteinsmassen erweisbar ist. Wie aber bei einer Faltung innerhalb der aufsteigenden Faltungszone die Mulde hinsichtlich des Betrages der Aufwärtsbewegung hinter dem Sattel zurückbleibt, so sind auch die Gräben gegenüber den angrenzenden Zonen etwas zurückgeblieben und damit relativ gesunken. Legen wir einmal die STEINMANNsche Einteilung der gebirgsbildenden Vorgänge in positive und negative<sup>1)</sup> zugrunde, so sind die hessischen Gräben keineswegs Erzeugnisse einer negativen, sondern einer durchaus positiven Gebirgsbildung.

Die Brüche sind nicht, wie z. B. E. SUSS es im »Antlitz der Erde« darstellt, Ursache der saxonischen Bewegungen, sondern deren aus den besonderen Verhältnissen des Untergrundes zu erklärende Begleiterscheinung, — denn die Bewegungen erfolgen zum Teil auch ohne Verwerfungen. Das mag uns für den speziellen Fall der dejektiven saxonischen Gebirgsbildung nochmals durch eine Profilserie durch ein und denselben hessischen Senkstreifen (vgl. Fig. 6) vor Augen geführt werden. In den Schnitten *a* und *b* ist der Senkstreifen zweiseitig, im Schnitte *c* einseitig, im Schnitte *d* überhaupt nicht von Verwerfungen begrenzt, aber der tektonische Effekt ist in allen vier Fällen der gleiche.

Die saxonischen Gräben sind auch nicht die Gebilde einer Zerrung in der Erdkruste. Denn ganz abgesehen davon, daß sie unter einer differentiellen Aufwärtsbewegung des gesamten sie umschließenden »Senkungsfeldes« entstanden sind, was mit der Vorstellung einer Zerrung des Bodens schwer vereinbar ist, zeigen schon die Aufschlüsse in und entlang den Grabenzonen fortwährend die Erscheinungen der Stauung, — und auch auf die schon erwähnten horst-

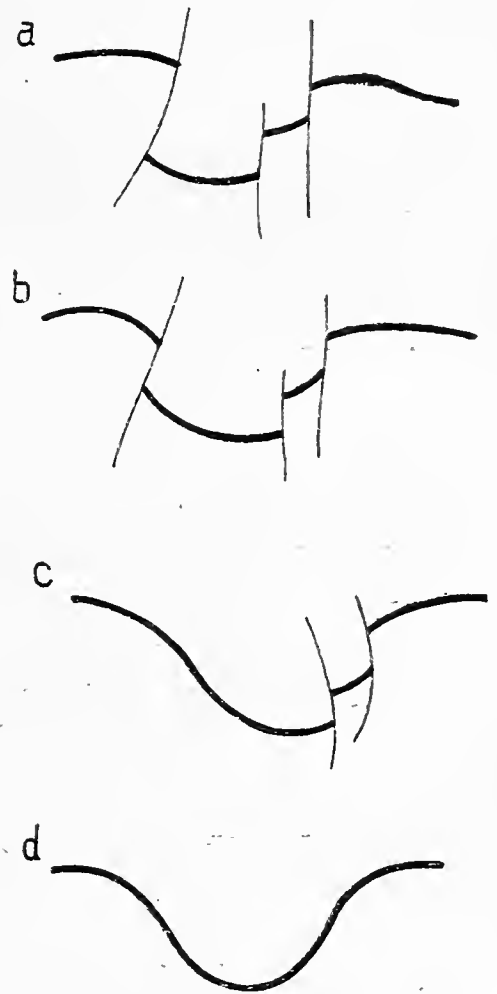


Fig. 6. Profilreihe durch einen niederhessischen »Graben«.

Sie soll veranschaulichen, daß die Verwerfungen nicht Ursache, sondern Begleiterscheinung der Einsenkung sind, — denn die Einsenkung erfolgt (Schnitt *d* und z. T. Schnitt *c*) auch ohne Verwerfungen.

<sup>1)</sup> G. STEINMANN (Die Bedeutung der jüngeren Granite in den Alpen, Geolog. Rundschau 1913. Bericht über Hauptvers. der Geol. Vereinigung zu Frankfurt am 4. Jan. 1913, S. 4, Anm. 1) möchte »als positive Gebirgsbildung . . . diejenigen gebirgsbildenden Vorgänge bezeichnen, die sich vorwiegend aus hebenden Bewegungen zusammensetzen, mögen diese sich als Folgen von Faltungen oder von schollen- oder blockförmigem Aufsteigen ergeben. Negative Gebirgsbildungen sind dagegen solche, die sich vorwiegend in Senkungen und Einbrüchen äußern«.

Wir haben bei den hessischen Gräben »schollenförmiges Aufsteigen« »als Folge von Faltungen«.

artig aufgepreßten Schollen im Zuge der Gräben sei hier nochmals verwiesen. Stauungserscheinungen, z. B. Überschiebungen, finden wir ja nach ANDREAE, SALOMON, KLEMM u. a. auch an den Rändern des Oberrheinischen Grabens, und ferner hebt LÖWL<sup>1)</sup> hervor, daß die bedeutendste der SUESSschen »Disjunktiv«zonen, d. h. die große ostafrikanische Grabenzone mit ihren Fortsetzungen im Roten Meere und in Syrien, gerade dort, wo sie am besten untersucht ist, d. h. in Syrien (FRAAS, DIENER, BLANCKENHORN), keine Zerrung, sondern eine erhebliche Stauung erkennen läßt.

Das alles spricht dafür, daß Gräben, wenn wir von Ausnahmefällen<sup>2)</sup> absehen, nicht Gebilde einer Zerrung, sondern einer Pressung sind, und zwar die saxonischen Gräben die Gebilde derselben Pressung, die die saxonischen Geosynklinale oder doch wenigstens ihre Randzonen in den orogenetischen Phasen aufwärts bewegte.

In Fig. 7 stelle ich die geschilderten drei Haupttypen saxonischer Gebirgsbildung unter Vernachlässigung der Verwerfungen einander nochmals gegenüber.

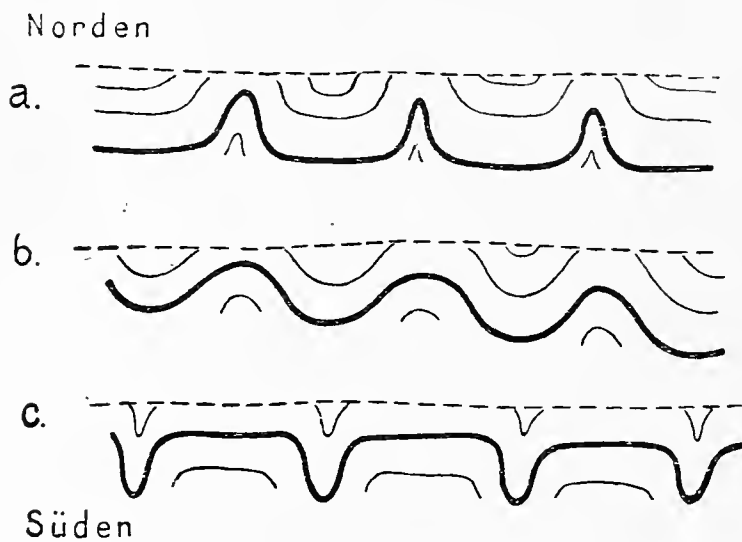


Fig. 7. Die drei Haupttypen saxonischer Tektonik unter Vernachlässigung der Verwerfungen.

- a) Ejektive Faltung (Stülp-sättel und Breitmulden). b) Kongruente Faltung (normale Sättel und Mulden). c) Dejektive Faltung (Breitsättel und Stülpmulden).

tektonischen Formen als Einzelercheinung behandelt. Demgegenüber kam es mir in vorstehenden Ausführungen besonders darauf an, die Gräben und Horste eines bestimmten Gebietes in ihrem größeren Zusammenhange mit anderen tektonischen Gebilden und überhaupt als Glieder in einer langen Reihe miteinander eng verknüpfter Erscheinungen zu kennzeichnen — und gewiß kann nur eine solche Deutung uns befriedigen, die diesen natürlichen Zusammenhängen Rechnung trägt.

<sup>1)</sup> LÖWL, Geologie, S. 153.

<sup>2)</sup> Mit solchen Ausnahmen (»Zerrungsgräben«) habe ich mich in einem in der Zeitschr. d. deutschen geol. Gesellschaft f. 1916 (Monatsberichte, S. 269ff.) erscheinenden Aufsätze über »Hebung und Faltung im sogenannten Schollengebirge«, und zwar speziell in dem Kapitel IV über »Kompression und sekundäre Lockerung«, beschäftigt. Doch auch in solchen Fällen erscheint die etwaige lokale Zerrung am letzten Ende als eine Folge von allgemeineren Pressungserscheinungen und keinesfalls als unmittelbare Folge eines Zuges in die Tiefe.

## II. Vorbemerkungen zur Erklärung injektiver Faltungen.

### 1. Die Faktoren Mobilität und Position beim Zustandekommen einer Faltung.

#### a) Der Faktor Mobilität (Gefügigkeit gegen den orogenetischen Druck).

Unter der Mobilität und der Stabilität (Resistenz) eines bestimmten Gesteinsmaterials oder einer ganzen Erdzone verstehe ich im folgenden ganz allgemein den die tektonische Umgestaltung und speziell die Einpassung in engeren Raum erleichternden oder erschwerenden Zustand. Als »mobile« und »stabile« Zonen hat in diesem Sinne auch E. HAUG die Geosynklinalen und Festlandschwällen einander gegenübergestellt. Mobil wäre als »nachgiebig gegen den orogenetischen Druck«, stabil als »widersetzlich gegen den orogenetischen Druck« zu definieren. Mobile und stabile Körper sind, wie MILCH<sup>1)</sup> zutreffend hinsichtlich der plastischen und starren Substanzen ausführt, nicht der Art, sondern nur dem Grade nach verschieden, denn absolut stabile Körper, d. h. solche, die überhaupt nicht mehr umformbar sind, gibt es ebenso wenig wie absolut mobile, d. h. solche, die sich ohne Widerstand durch orogenetischen Druck einengen lassen; so gebrauchen wir die Bezeichnungen stabil und mobil nur für Zustände, die dem einen oder anderen Grenzfall mehr genähert sind.

In welcher Form das Material der Einpassung in engeren Raum unterliegt, ob unter Aufreißen von Verwerfungen oder sonstwie rapturell, z. B. feinkataklastisch, oder ob bruchlos, und im letzteren Falle ob rein plastisch, ob unter besonderer Bevorzugung von Translationsflächen oder ob unter Umkristallisation oder Ummineralisation, oder ob auf die eine und die andere Weise, — alles das bleibt bei Anwendung der in dieser Hinsicht gänzlich neutral gedachten Bezeichnungen »mobil« und »stabil« zunächst außer Betracht. Es soll eben nur zum Ausdruck kommen, in welchem Grade überhaupt der Widerstand gegen die Einengung vorhanden ist. Die Plastizität, d. h. nach TAMMANN die reziproke innere Reibung, spielt zwar insofern eine ganz besondere Rolle, als sie die bei der Einengung eintretenden Verbiegungen der Schichten in hohem Maße erleichtert, und deshalb sind die Faktoren, die die Plastizität erhöhen, zugleich auch »mobilisierende«.

ALB. HEIM<sup>2)</sup> hat ja den Begriff plastisch sehr weit gefaßt, denn bei ihm ist plastisch gleich bruchlos umformbar, und er spricht in diesem Sinne von plastischer Gesteinsumformung, solange das Gestein umgeformt wird, ohne als Gestein zu zerbrechen. Die feinrümmerige Zerquetschung des Quarzes, der Lösungsumsatz des Feldspates, die

<sup>1)</sup> L. MILCH, Über Plastizität der Mineralien und Gesteine. Geol. Rundschau 1911, Bd. 2, S. 145ff.

<sup>2)</sup> Vgl. u. a. Geologische Nachlese Nr. 19. Vierteljahrschr. d. Nat. Ges. Zürich, Bd. 53, S. 33ff., 1908.

Verschiebungen entlang den Blättchen von Sericit und Glimmer, — alles das sind bei ihm Teile der »plastischen« Umformung eines Granites in einen Gneis. MILCH hat l. c. mit Recht darauf hingewiesen, daß man bruchlose und plastische Umformung nicht als gleichwertig betrachten darf; zwar ist die plastische Umformung eine bruchlose, aber nicht jede bruchlose Umformung ist eine plastische, denn auch Umkristallisation und Ummineralisation können bruchlose Umformung hervorrufen oder neben der plastischen erheblich mitwirken. Auch LACHMANN<sup>1)</sup> hat mehrfach auf die Notwendigkeit schärferer Fassung und Anwendung des Begriffes »plastisch« hingewiesen. Für die »plastischen« Veränderungen im Sinne von HEIM, d. h. für alle Arten bruchloser Veränderung, bringt MILCH (l. c. S. 161) den allgemeinen Ausdruck »Umformung« in Vorschlag, und zwar im Gegensatz zur »Zertrümmerung«; bei der »Umformung« ändert der Körper nur seine Gestalt, bei der »Zertrümmerung« verliert er sie. In diesem Sinne wäre die bruchlose Faltung noch eine »Umformung«, aber ein paar Risse in den Falten würden genügen, um den Begriff der »Formung« auszuschließen; wenn aber nach ziemlich allgemeiner Annahme die Bruchfalten in größerer Tiefe, soweit sie dort nicht ausklingen, in bruchlose Falten übergehen, so wäre derselbe faltenschaffende Vorgang zwar in der Tiefe eine »Umformung«, in höheren Solen aber nicht mehr. Da es nun bei der Diskussion bedeutsamer geologischer Fragen zunächst auf die Tatsache und den Grad der Einengung an sich ankommt, ganz abgesehen davon, wie sie geschah, ob bruchlos oder ob unter Bruchbildung, so bedürfen wir eines Begriffes, der noch weiter gefaßt ist, als »umformbar« im Sinne von MILCH, und als solcher wird eben »mobil« bzw. sein Gegenteil »stabil« im folgenden verwandt.

Die Mobilität der Gesteinsmassen, die uns an der Tagesoberfläche entgegentreten, ist nun abhängig von der Beschaffenheit der Einzelmaterialien und vom ganzen Gesteinsverbande. Ein stark gefalteter Boden zeigt nach allgemeineren Erfahrungen eine erhebliche Widerstandskraft gegen neue Verbiegung, besonders wenn sie nicht im Sinne der alten Faltenwellen verläuft, während vielleicht die Mehrzahl der Komponenten dieses Gebirges als Einzelplatten der Verbiegung weit geringeren Widerstand entgegensetzen würden. So haben wir die Spezialmobilität des einzelnen Gesteinsstückes von der Komplexmobilität der größeren tektonischen Einheit zu unterscheiden. Gerade die Versteifung der Erdzonen durch Faltung ist von besonderer Bedeutung. Mit ihr hat man sich schon vielfach beschäftigt, so z. B. FRECH (Tribulaungruppe 1893, Karnische Alpen 1894) in den Alpen, V. UHLIG<sup>2)</sup> in den Karpathen, und auch sonst ist in Mitteleuropa und

<sup>1)</sup> Vgl. u. a. R. LACHMANN, Salzauftrieb, 3. Folge. Zeitschr. Kali, 6. Jahrgang.

<sup>2)</sup> V. UHLIG, Über Gebirgsbildung. Wien 1904. S. 16: »Das mesozoische Faltingsgebirge erweist sich widerstandsfähig gegen die alttertiäre, das alttertiäre Gebirge widerstandsfähig gegen die jungtertiäre Faltung.«

speziell in Mitteldeutschland zu erkennen, daß der jüngere Faltungsvorgang die Massen mit älterer Faltung, d. h. die variscischen »Rahmen«, sozusagen umgeht und erst in den gerahmten Feldern in dem Maße an Bedeutung gewinnt, wie sich über dem gefalteten Grundgebirge ein flaches Sediment, d. h. solches von größerer Mobilität, einstellt<sup>1)</sup>. Sicher sind aber in vielen Fällen größerer Starrheit eines Grundgebirges auch allerlei magmatische Injektionen oder auch, wie LÖWL in seinem Lehrbuche der Geologie annahm, die höhere Lage des kristallinen Untergrundes von Bedeutung. Die Erstarrung gefalteter Gebiete spielt ja auch in der E. SUESSschen Synthese der Gebirge unserer Erde eine ganz besondere Rolle, und zwar definiert SUESS die Erstarrung als das »Ende der Spannungen«<sup>2)</sup>. So gilt für SUESS die Rheingegend als »erstarrt«, weil dort »einseitige gebirgsbildende Spannung« fehlt. SUESS möchte die Ursache der Erstarrung in den Senkungen suchen. In diesem Sinne wird von ihm in Erwägung gezogen (l. c.), ob vielleicht die europäischen Senkungen die Erstarrung der variscischen Zonen herbeigeführt haben, und zwar hat er dabei, wie er es später nochmals klar ausspricht<sup>3)</sup>, die Einsenkungen im Innern des Rahmens im Auge. Unmöglich kann man meines Erachtens E. SUESS hierin zustimmen<sup>4)</sup>. Senkungen mit anschließender Sedimentation bringen, wenn wir von Ausnahmefällen der Erfüllung der Senkungen durch ungewöhnlich mächtige und starre, wohl meist zoogene, Kalkmassen oder durch mächtige vulkanische Ergüsse absehen, flache und mobilere Schichttafeln dorthin, wo vor der Senkung gefaltetes variscisches Gebirge lag, d. h. sie ersetzen Material von höherer komplexer Stabilität durch mobileres, und so finden wir ja die mobilen Zonen innerhalb des variscischen Rahmens gerade dort, wo die Senkungen eingetreten waren. Ich meine also gerade entgegen der SUESSschen Auffassung, daß Senkungen innerhalb einer größeren tektonischen Einheit nicht zur Erstarrung führen, sondern neue Mobilität und neues tektonisches Leben in vorher starrere Zonen hineintragen<sup>5)</sup>.

1) H. STILLE, Die mitteldeutsche Rahmenfaltung. 3. Jahresber. d. Niedersächs. geol. Vereins 1910, S. 141ff.

2) E. SUESS, Antlitz der Erde III, 2, S. 720.

3) »Unter diesen Umständen mußte die Frage erwachen, ob die Einsenkungen im Innern des Rahmens die Ursache seiner Erstarrung sind.« E. SUESS, Über die Zerlegung der gebirgsbildenden Kraft. Mitt. Geol. Ges. Wien 1912, S. 60.

4) Zur notwendigen Erläuterung einer bestimmten Vorstellung habe ich den nachfolgenden Gedankengang, z. T. mit denselben Worten, in einer Fußnote zu dem Anm. 2 S. 100 zitierten Aufsätze über »Hebung und Faltung im sogenannten Sc hollengebirge« schon kurz vorwegnehmen müssen.

5) Etwas anders kann zwar die Sachlage sein, wenn es sich nicht, wie es E. SUESS in bezug auf die Verhältnisse Mitteleuropas vorschwebte, um Senkungen innerhalb, sondern um solche neben einer tektonischen Einheit handelt. Das spielt zwar weniger eine Rolle bei undulatorischen Vorgängen (Faltungen), als bei undatorischen. In späteren Ausführungen über Undationsgesetze wird zu zeigen sein, daß ein tektonischer Komplex von bestimmter Resistenz sich neben



Die jeweilige Mobilität des Gesteins ist die Funktion der verschiedenartigsten physikalischen Verhältnisse, unter denen das Gestein steht, und sie ändert sich natürlich, sobald das Gestein unter veränderte Verhältnisse kommt. So steigert sie sich mit zunehmender Tiefe. Die dabei in Frage kommenden mobilisierenden Faktoren Belastung und Temperatur führen zu der »latenten« Teufenmobilität der anorogenetischen Zeiten, wie ich mit einer Variante der bekannten HEIMSchen Ausdrucksweise sagen möchte.

Der orogenetische Druck setzt nun ein und die Teufenmobilität tritt, um wieder an den HEIMSchen Ausdruck anzuschließen, aus der Latenz in die Aktivität. »Die Überlastung macht deformierbar, die Dislokation deformiert,« — so hat MILCH (l. c.) den HEIMSchen Gedankengang etwas anders ausgedrückt. Aber meines Erachtens wirkt in manchen Fällen der orogenetische Druck nicht nur dislozierend (deformierend), sondern unter Umständen auch noch, und zwar zunächst, mobilisierend, so daß das zunächst stärker mobilisierte Material danach mit um so kleinerem Arbeitsaufwande deformiert werden kann. Ein Beispiel gibt das Salzgebirge, hinsichtlich dessen ich schon an anderer Stelle<sup>1)</sup> die Auffassung vertreten habe, daß erst der orogenetische Druck ihm den hohen Grad von Faltbarkeit übermittelt. Das Salz ist in den Teufen, in denen es unserer Beobachtung noch zugänglich ist, und auch in den tiefsten Bohrungen, aus denen die Kerne geholt worden sind, ein recht starrer Körper, — darauf hat auch R. LACHMANN<sup>2)</sup> nachdrücklich in einer Diskussion gegen E. HARBORT über die Ursachen des Salzaufstieges hingewiesen. In kaum einem anderen Gesteine können derartig große Räume, wie die Abbaufirsten unserer Kaliwerke, ohne jede Verzimmerung bestehen! Wenn sich nun aber feststellen läßt, daß das Salz auch noch, nachdem es bereits in geringere Teufen gehoben worden war, weitere Faltungen und Aufwärtsbewegungen unter bruchloser und wohl im wesentlichen plastischer innerer Umformung erfahren hat, so müssen wir eben für die Zeiten der Umformung

---

einer durch mobileres Material wieder erfüllten Senkung oder gar zwischen solchen Senkungen relativ starr verhalten kann, und schon deshalb hier der undatorischen Aufwärtsbewegung unterliegt, während er neben einer ihn an Starrheit übertreffenden Zone sich als relativ mobil erweist und im wesentlichen deshalb bei der Undation einen abwärtigen Weg nimmt. Im ersteren Falle bedingt allerdings, — oder steigert doch wenigstens, — eine Senkung, aber eine solche neben der starreren Einheit, ein starreres Verhalten.

Ich wiederhole nochmals, um jegliche mißverständliche Auffassung auszuschließen: Die absolute oder doch relative Starrheit einer tektonischen Einheit wird im allgemeinen durch Senkungen innerhalb derselben vermindert, durch solche neben derselben erhöht. In den SUESSschen Gedankengängen handelt es sich aber um Senkungen innerhalb der tektonischen Einheit.

<sup>1)</sup> H. STILLE, Das tektonische Bild des Benther Sattels. 7. Jahresber. d. Niedersächs. geol. Ver. 1914, S. 342—343.

<sup>2)</sup> R. LACHMANN, Der Salzauftrieb, 3. Folge. Zeitschr. Kali. 6. Jahrg. Sonderdruck, S. 36—38.

eine besondere mobilisierende Kraft und als solche den orogenetischen Druck annehmen, und dafür spricht namentlich, daß Aufwärtsbewegung und Faltung zu den Zeiten der Wirksamkeit dieses Druckes eingetreten sind und also gerade damals der hochmobile Zustand vorhanden war. Damit erledigt sich auch der von LACHMANN gegen die plastische Umformung geltend gemachte Einwand, daß das Salz in der Tiefenlage, in der es der Umformung unterlag, gar nicht plastisch gewesen sei und daß schon deshalb andere Formen bruchloser Umformung, und zwar speziell Umkristallisationen, in Frage kommen müßten. Der Zustand in der heutigen anorogenetischen Zeit ist eben nicht der gleiche wie derjenige während der Umformung in den orogenetischen Phasen. Gewiß sind auch Umkristallisationen im Salzgebirge in erheblichem Umfange erkennbar, und mögen sie auch oft genug unter dem orogenetischen Drucke eingetreten sein und an der »bruchlosen« Umformung des Salzgebirges in den orogenetischen Phasen ihren Anteil haben, so sind sie andererseits doch zum guten Teile vortektonischer und auch nachtektonischer, das heißt im alten Sinne EVERDINGS »posthumer« Art.

Zur Belastung und Temperatur tritt also unter Umständen als weiterer mobilisierender Faktor der orogenetische Druck hinzu, — und zwar indem er im wesentlichen die Plastizität, daneben wohl auch die Möglichkeit zu Umkristallisationen, Ummineralisationen und Translationen erhöht. »Überlastung macht deformierbar, Dislokation deformiert,« — so hieß der alte HEIMSche Satz in der MILCHSchen Fassung (s. oben); »Überlastung macht deformierbar, Dislokation erhöht u. U. die Deformierbarkeit und deformiert«, — so möchte ich ihn etwas erweitern. Auch die Zeit mag eine gewisse Bedeutung als mobilisierender Faktor haben, denn schließlich sind auch — geologisch gesprochen — »kurzdauernde« Vorgänge nicht von heute auf morgen geschehen, doch kommt sie natürlich für die orogenetischen Erscheinungen nicht in annähernd gleichem Maße in Betracht, wie für die Undationen in den langen anorogenetischen (epirogenetischen) Zeiten.

Die verschiedengradige Mobilität der Materialien und der ganzen Erdzonen ist ja von größter Bedeutung bei der Erklärung der Faltenverteilung an der Oberfläche unseres Planeten. Nur in den archaischen Gesteinen ist die Faltung überall sichtbar, worauf ganz besonders E. SUESS<sup>1)</sup> und im Anschluß an ihn V. UHLIG<sup>2)</sup> hingewiesen haben. UHLIG spricht von der »Ubiquität« der archaischen Faltungen als einem bezeichnenden Merkmale derselben gegenüber allen jüngeren Faltungen, so schon denen des paläozoischen Zeitalters. Die zuneh-

1) Vgl. u. a. E. SUESS, Antlitz der Erde III, 1, S. 7: »Die faltende Kraft ist einst über den ganzen Erdball tätig gewesen, heute aber örtlich beschränkt.«

2) VIKTOR UHLIG, l. c. S. 10: »Die Faltung war daher in jener frühesten Urzeit der Erde ein universeller Prozeß, der in allen Teilen der Erdkruste Spuren hinterließ.«

mende Differenzierung in starrere und mobilere Erdzonen gilt als Ursache der Lokalisierung der jüngeren Faltungen. Auf Mobilitätsverhältnissen beruht ja auch in erster Linie der Gegensatz zwischen den ungefaltet bleibenden Schwellen und der starken Faltung um diese herum in den ehemaligen Geosynklinalgebieten, und so erklärt sich das ganze Bild der ihre Stammschwellen umziehenden Faltenkränze. Gefaltet wurden in erster Linie diejenigen Erdschnitte, die nach ihrer Gesamtbeschaffenheit, und nicht etwa nur in einer vielleicht nur geringmächtigen Oberschicht, am leichtesten faltbar waren, — soweit nicht etwa Abscherungen größten Stiles die Oberschicht unabhängig von ihrer Unterlage machten.

Aber nicht nur in nebeneinander, sondern auch in übereinander liegenden Zonen und Materialien kann infolge größerer Mobilitätsunterschiede der Grad der Faltung ein verschiedener sein. Schon die stärkere Faltung und Fältelung der Schiefertone und Tonschiefer unseres paläozoischen Grundgebirges gegenüber den starreren Quarziten und Grauwacken, zwischen die sie oft eindringen, ist ein Beispiel dessen, und von besonders extremen Fällen dieser Art wird bei der Deutung der injektiven saxonischen Faltung die Rede sein. Stark mobile Materialien werden dann unter Umständen beim Einsetzen des Faltungsdruckes auch stark injektiv.

Die verschiedenartige Reaktion auf den Gebirgsdruck innerhalb eines und desselben Profiles aus rein qualitativen (stofflichen oder strukturellen) Gründen bezeichne ich mit einem auch sonst schon in der Literatur in diesem Sinne gebrauchten Ausdrucke<sup>1)</sup> als eine »disharmonische«. Disharmonische Faltung werden wir zwar besonders auffällig in manchen Teilen des inkongruenten<sup>2)</sup> Faltenwurfes und in gewissen Fällen sogar als Ursache oder doch als Mitursache der Inkongruenz zwischen Mulden und Sätteln kennen lernen, aber keineswegs ist jede inkongruente Faltung auch eine disharmonische, wie anderseits disharmonische Reaktionen auf den tektonischen Druck auch bei kongruenten Faltungsformen durchaus nicht fehlen.

Die Folgen unharmonischen Verhaltens der Gesteine sind die namentlich in den Faltengebirgen schon oft diskutierten tektonischen Diskordanzen (»Faltungsdiskordanzen«).

---

<sup>1)</sup> E. HAUG, *Traité de Géologie*, I, 1907, S. 216. — A. BUXTORF (Prognosen und Befunde beim Hauensteinbasis- und Grenchenbergtunnel usw. Verh. naturf. Gesellsch. Basel 1916, Bd. XXVII, S. 249) spricht von der »unharmonischen« Faltung der Malmkalke über den Oxfordtonen. Vgl. ferner F. A. SCHAFFER, *Grundzüge der Allgem. Geologie* 1916, S. 133 und Fig. 169 auf S. 135.

<sup>2)</sup> Bei der inkongruenten Gebirgsbildung erfahren die Faltenelemente Sattel und Mulde eine ungleiche Entwicklung, die unharmonische Faltung zeigt sich dagegen in ein und demselben Faltenelemente, z. B. innerhalb ein und desselben Sattels.



## b) Der Faktor Position.

(Erreichbarkeit für den orogenetischen Druck.)

Die bisher betrachtete Mobilität der einzelnen Erdzonen vermag allein nicht den örtlichen Grad der Reaktion auf den Faltungsdruck zu erklären, — finden wir doch, daß unter Umständen relativ mobile Materialien und Erdschnitte ungefaltet bleiben, während sich solche gleicher oder gar geringerer Mobilität oft in unfernen Zonen falteten. Auch die Lageverhältnisse spielen eine große Rolle. Eine zu faltende Gesteinsmasse muß eben nicht nur ausreichend gefügig gegenüber dem tektonischen Drucke, sondern auch für ihn erreichbar sein. Dabei wird durch die Mobilitätsverhältnisse der Grad der Gefügigkeit, durch die Positionsverhältnisse<sup>1)</sup> der Grad der Erreichbarkeit bestimmt.

Wir sprachen von der Faltung der mobileren Geosynklinalzonen neben den starrereren und deshalb der Faltung widerstehenden Massen. Es ergreift nun aber in sehr vielen Fällen die Faltung nicht die ganze Geosynklinale, sondern nur die mehr randlichen Zonen und verklingt in der Richtung auf die inneren Teile, die durchaus nicht weniger mobil, meist sogar mobiler sind. Man mag den Faltungsdruck als von den Schwellen (Rahmen) kommend annehmen und das Verklingen der Faltung als Folge der durch Reibungswiderstände hervorgerufenen Verschwächung der faltenden Kraft mit zunehmender Entfernung von der Schwelle betrachten<sup>2)</sup>, oder man mag, wie E. SUESS es zum Teil tat, die Rolle der Schwellen als eine rein stauende für die durch ganz andersartigen Impuls geschaffenen Erdwellen auffassen, — jedenfalls ist durch den zunehmenden Abstand von der Schwelle oder, allgemeiner gesagt, durch positionäre Verhältnisse das Verklingen der Faltung zu erklären.

Ebensowenig wie allein die Mobilität bedingt aber auch allein die Schwellennähe den Grad der Faltung, — finden wir doch, daß der Faltenkranz um die Schwellen auf gewisse Erstreckungen oder gar gänzlich fehlen kann oder daß zwischen der Schwelle und den Faltenzügen noch weite, allerdings relativ flachgründige, ungefaltete Zonen<sup>3)</sup>

1) Außer durch diese kann die »Erreichbarkeit« in manchen Fällen anscheinend auch noch durch die Ausgestaltung der vermittelnden Zone zwischen Schwelle und Geosynklinale beeinflußt sein.

2) Im Sinne der Kontraktionstheorie erklärt sich der besondere Druck, den die Schwelle auf die angrenzenden Geosynklinalgebiete bei dem Faltungsvorgange ausübt, aus der Starrheit der Schwelle. Die notwendig werdende Einengung verteilt sich infolge der Dishomogenität des Untergrundes ungleichmäßig (vgl. oben), das Starre behält annähernd seine alte Ausdehnung, nimmt dadurch dem Mobileren einen Teil des Raumes, der diesem bei gleichmäßiger Einengung zukommen würde, und zwingt es somit durch seine Resistenz zu verstärktem Zusammenschube. Die »faltende« Wirkung der Schwelle ist in diesem Sinne gewissermaßen eine aktive Wirkung aus Passivität.

3) Gerade diese werden dann oft in einer späteren Phase nach inzwischen eingetretener Erhöhung der Faltbarkeit durch stärkere säkuläre Senkung und

bleiben. Vielmehr ist das Verteilungsbild der Falten oder, was auf dasselbe hinauskommt, die regionale Intensität der Faltung eine Funktion der Mobilität und der Distanz von der Stammschwelle, und erst diese beiden Faktoren zusammen bestimmen, inwieweit eine Erdzone für die Faltung prädestiniert ist.

Doch nicht nur in horizontaler, sondern auch in vertikaler Richtung kann sich aus den Lageverhältnissen ein Schutz für an sich mobile Materialien ergeben. Wir stellen uns eine starre Platte und darüber ein System flacher und mobiler Schichten vor und lassen nun den orogenetischen seitlichen Druck wirken. Dann leistet natürlich die starrere Platte Widerstand, aber auch die zunächst über ihr liegenden Schichten und, in sich verschwächendem Maße, die alsdann folgenden sind durch die starre Basalplatte der vollen Wirkung des seitlichen Druckes entzogen. So muß auch ein infolge älterer Faltung oder aus sonstigen Gründen starreres »Grundgebirge« einen Schutz auf sein Hangendes ausüben, und zwar bis zu einer bestimmten Höhe und in einem nach dem Hangenden sich verschwächenden Grade. Wir wollen im folgenden von dem festlegenden »Grundschutze« (»Basalschutze«) der starreren Unterlage innerhalb ihrer bis zu bestimmter Höhe reichenden »Bannzone« sprechen. In dieser Bannzone nimmt die Angreifbarkeit in abwärtiger Richtung, d. h. entgegen der wenn auch geringen Zunahme der Teufenmobilität, ab.

Der Basalschutz muß um so stärker sein, je starrer die Basis ist, und sich deshalb mit zunehmender Tiefenlage der Basis verschwächen. Mit der Basis sinkt aber auch die Bannzone, und so wirkt die zunehmende Tiefe auf die Bannzone in zweierlei Hinsicht faltungserleichternd: sie erhöht erstens die Mobilität der Bannzone und sie vermindert zweitens den faltungshemmenden Grundschutz, indem sie die Starrheit des Grundgebirges herabsetzt.

Auch von einem »Flankenschutz«, der unter ganz besonderen Verhältnissen auf an sich mobilere Schichttafeln durch senkrecht oder schräg zur Richtung der Faltung stehende starrere Massen ausgeübt werden kann, wird unten noch gelegentlich die Rede sein.

### c) Selektive Faltung nach Mobilität und Position.

Die in gewissen Phasen der Erdgeschichte einsetzende Faltung verfährt, wie wir nun sagen wollen, selektiv (auswählend), und zwar

1. hinsichtlich nebeneinander liegender Zonen (»zonare Selektion«),
2. hinsichtlich übereinander liegender Niveaus und Materialien.

---

entsprechende Sedimentation zu Stätten starker Gebirgsbildung (Wandern der Gebirgsbildung rahmenwärts, z. B. der Alpenfaltung nach Norden gegen die variscischen Rahmen, der Faltung des Himalaja und Hindukusch südwärts gegen Gondwanaland, der Faltung der Pacific Mountains Nordamerikas — jungjurassische »Pacific-Revolution« — ostwärts gegen den kanadischen Schild in der spätcretacisch-alttertiären »Laramide-Revolution« der Rocky Mountains).

Die Auswahl erfolgt entsprechend der Angreifbarkeit der Zonen und Materialien, wobei die Angreifbarkeit sich zum Teil auf die größere oder geringere innere Stärke (substantielle Verhältnisse), zum Teil auf die mehr oder weniger geschützte Lage (Positionsverhältnisse) gründet; in diesem Sinne wirken substantielle Selektion (Auswahl nach Mobilität) und positionäre Selektion (Auswahl nach Lage) zusammen.

Auf substantielle Selektion kommt die disharmonische Faltung innerhalb ein und desselben Erdschnittes hinaus. Auch die zonare Selektion ist zum guten Teil eine substantielle, doch kommt es bei ihr nicht so sehr auf die Mobilität der Einzelsubstanz, als vielmehr auf die durchschnittliche Mobilität ganzer Gesteinszonen an.

Die positionäre Selektion wurde im vorigen Kapitel durch zwei Beispiele erläutert, deren eines solche Erdzonen, die nebeneinander, deren anderes solche, die übereinander liegen, betraf. Die Faltung ergreift in verstärktem Maße die für sie am leichtesten erreichbaren Gesteinsmassen, d. h. in ersterem Falle die einer starreren Schwelle in horizontalem Sinne näher liegenden, im zweiten Falle die von einem starreren Grundgebirge in vertikalem Sinne entfernteren. Es schützt beim horizontalen Nebeneinander die Entfernung (»Distanzschutz«), beim vertikalen Übereinander die Nähe (»Basalschutz«) des Starreren.

## 2. Faltung und Faltungsarbeit.

Der orogenetische Druck vollbringt bei der Einengung der Gesteinsmassen auf schmälere Raum

1. seitliche Verfrachtung (Schubarbeit),
2. Hochbewegung (Hebungsarbeit),
3. Deformation (Deformationsarbeit).

Unter »Deformation« sind hier die gesamten Veränderungen innerhalb der durch den seitlichen Druck seitwärts und aufwärts bewegten Massen verstanden, und zwar sowohl die große Umformung zu einem Systeme von Falten und Schollen usw., wie auch die Kleinarbeit der »inneren« Umformungen.

Die drei Arten der Arbeitsleistung greifen ineinander (z. B. Deformation unter seitlicher Verfrachtung und Hochbewegung), aber dennoch ist hier zum besseren Verständnis gewisser tektonischer Dinge die schärfere Trennung einmal geboten.

Die Schubarbeit tritt bei der so schwachen saxonischen Faltung in den Hintergrund. Sehen wir von ihr ab, so erscheint diejenige Art der Faltung als besonders arbeitsökonomisch, die

1. Hebungsarbeit,
2. Deformationsarbeit

möglichst erspart.

Hebungsarbeit kann z. B. durch Ausnutzung irgendwelcher gesteigerten Aufnahmemöglichkeit der tieferen Solen oder durch gesteigerte Hochbewegung der spezifisch leichteren Stoffe zugunsten schwächerer

Hochbewegung der spezifisch schwereren verringert werden. Auch unter diesem Gesichtspunkte haben wir nachher gewisse Verhältnisse nachzuprüfen.

Ob ich nun ein Kilogramm starren Eisens oder ein Kilogramm beweglichen Wassers hebe, ist ja in bezug auf die erforderliche Hebungarbeit gleichgültig. Aber ein großer Unterschied tritt hinsichtlich der erforderlichen Arbeitsleistung ein, wenn die Hebung unter Einengung — und das ist im allgemeinen der Vorgang bei der Faltung — zu vollbringen ist, — nur ist es ja nicht Hebungarbeit, die bei dieser Art der Hebung bei dem mobileren Materiale gegenüber dem starreren erspart wird, sondern Deformationsarbeit. Nur in diesem Sinne ist es natürlich zu verstehen, wenn im folgenden gelegentlich davon die Rede sein wird, daß die höhere Mobilität die Hebungarbeit erleichtert.

Die Größe der Deformationsarbeit bleibt der in erster Linie ausschlaggebende Faktor, wenn wir die verschiedenen Formen der Faltung einmal unter dem Gesichtspunkte der Arbeitsökonomie betrachten und zu verstehen suchen. Speziell kommt es dabei auf die Verbiegungsarbeit an. Hierbei ist selbstverständlich zu bedenken, daß die sehr intensive Verbiegung eines mobileren Materiales unter Umständen weit geringere Arbeit erfordert, als schon die ganz schwache Verbiegung eines starreren.

Verbiegungsarbeit kann somit auf folgende zwei Arten erspart werden:

1. Die Verbiegung wird ganz besonders in solche Substanzen verlegt, die ihr wenig Widerstand entgegensetzen, zugunsten der Ersparnis von Verbiegung in starreren Materialien (disharmonische Verbiegung).
2. Die Verbiegung an sich bleibt möglichst gering und wird durch andere Formen der Einengung auf schmälere Räume, die durch besondere Verhältnisse begünstigt sind, wenigstens teilweise ersetzt.

Zu 1. Von der Ersparnis der Verbiegungsarbeit auf erstere Art wird weiterhin noch die Rede sein. Sie kann sich bei der Auffaltung stark dishomogener Massen einstellen, indem die mobileren Massen, die sich unter entsprechend starker, aber mit geringerem Arbeitsaufwande erzielbarer Deformation neuen Raumverhältnissen leicht einzupassen vermögen, weit voraneilen, während die Hochbewegung der starreren Materialien gerade wegen der Schwierigkeit der inneren Deformation entsprechend geringer ist.

Zu 2. Die Schicht  $\alpha\alpha$  ist in den engeren Raum  $\beta\beta$  einzupassen. Das kann z. B. geschehen

Fall 1: durch Verbiegung der Schicht;

Fall 2: durch Ausstoßung eines Stückes hinab ins Hängende oder hinauf ins Liegende.

Im Falle 2 a ist das ausgestoßene Stück aus dem Zusammenhange der übrigen Schicht gänzlich herausgerissen, im Falle 2 b ist es verbogen und der Zusammenhang mit der übrigen Schicht wenigstens teilweise gewahrt.

Im Falle 1 ist eine sehr weitgehende Verbiegungsarbeit zu leisten, in den Fällen 2 ist sie aber erspart (2 a) oder doch lokalisiert und herabgesetzt (2 b) durch den Herausschub einzelner Stücke und deren Vortrieb in das Liegende oder Hangende. Der Gedanke liegt ohne weiteres nahe, daß in den Fällen 2 a und 2 b bestimmte Verhältnisse den Eintrieb einzelner Stücke in das Liegende oder Hangende begünstigt haben mögen<sup>1)</sup>; denn sind solche Verhältnisse gegeben, so entspricht es nur dem allgemeinen Gesetze der Arbeitersparnis, daß die Einzwängung der Schichten auf engeren Raum sich diese Verhältnisse zunutze macht und daß damit die Verbiegung auf Teile der Schichtmassen beschränkt bleibt oder gar vermieden wird, — und das namentlich, wenn es sich um relativ starre Materialien handelt. Die Lokalisierung des tektonischen Vorganges auf die schmale Mittelzone bringt aber eine ganz besondere Arbeitersparnis, wenn sich hier infolge irgendwelcher Vorgänge Materialien höherer Mobilität einstellen.

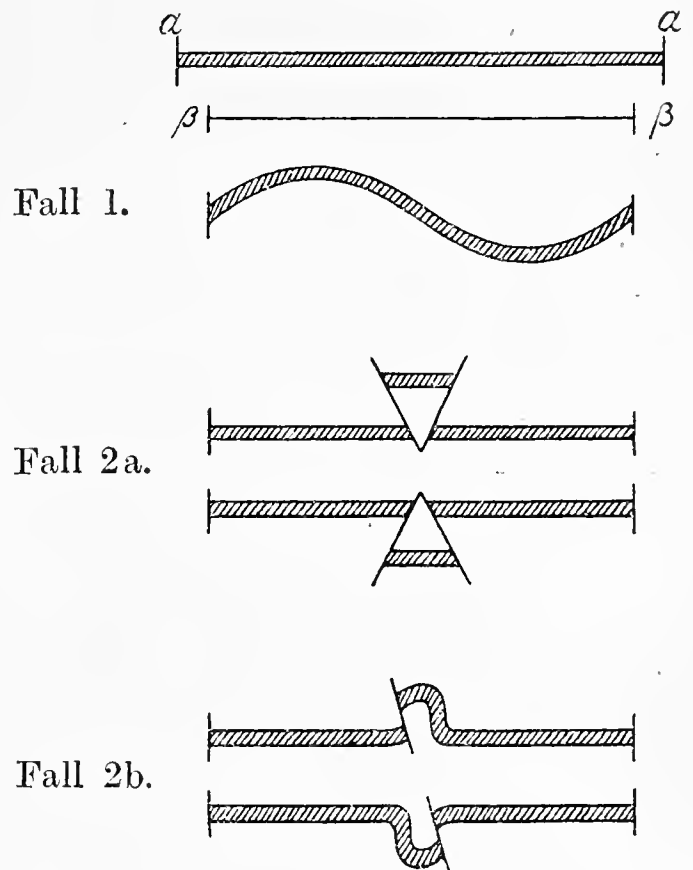


Fig. 8. Formen der Einpassung auf engeren Raum.

Fall 1: Totalverbiegung.

Fall 2a: Keine Verbiegung.

Fall 2b: Partielle Verbiegung.

Man könnte zunächst fragen, ob vielleicht Spalten, entlang denen im Hangenden oder Liegenden das Gebirge weit klafft, den tektonischen Eintrieb fördern. Wenn nun auch ein Eindringen von Materialien in Spalten in ganz extremen Fällen der Mobilität vorkommt, so kann derartige zur Erklärung der Gesamterscheinung der inkongruenten saxonischen Faltung schon deshalb nicht in Frage kommen, weil diese auch ohne Verwerfungen eintritt und weil die Verwerfungen, wo vorhanden, nicht Ursache, sondern eine aus den speziellen Verhältnissen des Untergrundes sich erklärende Begleiterscheinung des tektonischen Vorganges der Ausstülpung oder Einstülpung sind (vgl. oben).

<sup>1)</sup> Dazu gehört im Falle 2a, daß die Risse, an denen die Aufwärts- oder Abwärtsbewegung erfolgt, infolge Sprödigkeit des Materials ohne großen Arbeitsaufwand zu erzielen sind.



### III. Erklärung der kongruenten und injektiven saxonischen Faltung.

#### 1. Das Untergrundbild bei Eintritt der saxonischen Faltung.

Wollen wir nunmehr die eigenartigen Formen der saxonischen Faltung, und namentlich die injektiven, zu erklären versuchen, so müssen wir zunächst das Bild, das der zu faltende Untergrund beim Einsetzen der Faltung bot, und überhaupt die Verhältnisse, unter denen die Faltung erfolgte, ins Auge fassen und müssen bei einer vergleichenden Betrachtung der Gebiete, in denen die Faltung zu so verschiedenen Formen geführt hat, besonders den gegensätzlichen Verhältnissen Beachtung schenken. Ich tue das in Form der nachstehenden Tabelle, in der »Niederhessen«, »Südhannover« und »Nordhannover« natürlich nicht genau in ihren geographischen Grenzen, sondern in der Ausdehnung der für diese Gebiete typischen Faltungsform zu verstehen sind. In diesem Sinne sind z. B. der südhannoversche Solling und das südhannoversche Eichsfeld noch »Niederhessen«.

	a. Niederhessen.	b. Südhannover.	c. Nordhannover.
1.	Starke variscische Faltung.	Starke variscische Faltung.	Variscische Faltung nur noch im Süden, klingt aus nach Norden.
2.	Salzflöz großer Mächtigkeit entsteht im Ausgange der Dyas.	Salzflöz sehr großer Mächtigkeit entsteht im Ausgange der Dyas.	Salzflöz von ganz besonders großer Mächtigkeit entsteht im Ausgange der Dyas.
3.	In Oberdyas, Trias und teilweise noch im Lias Teil des Germanischen Beckens. Danach meist Teil des Mitteldeutschen Festlandes.	In Oberdyas und Trias Teil des Germanischen und danach des Niederdeutschen Beckens, und zwar randnahe Teil des letzteren.	randfernere Teil des letzteren.
4.	Sedimentation nur bis in die ältere Jurazeit und vorübergehend wieder im Tertiär. Denudation in langen geologischen Zeiten.	Seit Ausgang des Paläozoikums fast ununterbrochen starke Sedimentation bis zum Tertiär und z. T. auch noch in diesem. Denudationen nur sehr lokal und im allgemeinen nur nach orogenetischen Phasen.	
5.	Triadische und altjurassische Sedimente infolge epirogenetischer Heraushebung schon vor der saxonischen Faltung z. T. wieder beseitigt. Auch Salzflöz vielleicht hier und da schon wieder ausgelagt. Jüngere Sedimentation unterblieben oder gering.	Triadische und jurassische Sedimente infolge epirogenetischer Absenkung bei Beginn der saxonischen Faltung noch in ursprünglicher Mächtigkeit vorhanden. Auch Salzflöz damals wohl noch überall intakt. Mächtige jüngere Sedimentation.	Sehr mächtige jüngere Sedimentation.

	a. Niederhessen.	b. Südhannover.	c. Nordhannover.
6.	Variscisch gefaltetes Grundgebirge bei saxonischer Faltung in geringerer Tiefe (»flachgründiges« postvariscisches Deckgebirge).	Variscisch gefaltetes Grundgebirge bei saxonischer Faltung in größerer Tiefe (»tiefgründiges« postvariscisches Deckgebirge).	Variscisch gefaltetes Grundgebirge bei saxonischer Faltung in sehr großer Tiefe oder gar fehlend (sehr »tiefgründiges« oder gar »grundloses« postvariscisches Deckgebirge).
7.	Mächtiges Salzflöz bei Faltung in durchschnittlich etwa 1000m Tiefe dicht über dem variscischen Grundgebirge.	Sehr mächtiges Salzflöz bei Faltung in mehrere tausend Meter Tiefe dicht über dem variscischen Grundgebirge.	Sehr mächtiges Salzflöz bei Faltung in viele tausend Meter Tiefe, nur im Süden noch dicht über einem gefalteten Grundgebirge, im Norden über flachen paläozoischen Schichttafeln.

Die Punkte 1—5 bilden die historische Erklärung für den unter 6—7 erläuterten Zustand des Bodens bei Eintritt der saxonischen Faltung.

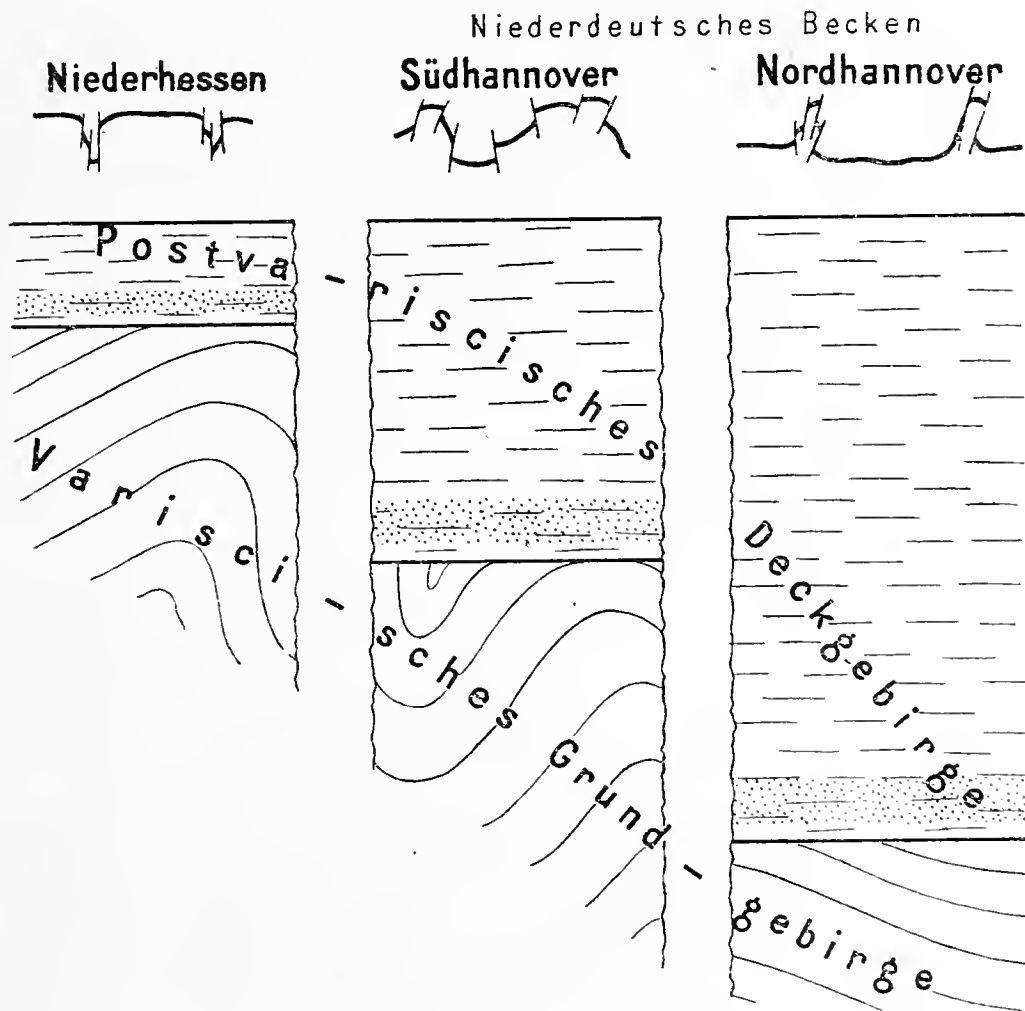


Fig. 9. Untergrund und Faltungsform bei der saxonischen Gebirgsbildung. — Die Punktierung im tieferen Teile des postvariscischen Deckgebirges zeigt die Lage des permischen Salzflözes an.

Kurz und zunächst ohne Berücksichtigung des für einen Teil der zu behandelnden Fragen zwar sehr bedeutsamen permischen Salzflözes gesagt, finden wir die dejektive Faltung (niederhessischer Typus)

in einem flachgründigen Schwellengebiet, die harmonische Faltung (süd hannoverscher Typus) in tiefgründigen und schwel lennahen, die ejektive Faltung (nord hannoverscher Typus) in sehr tiefgründigen bis grundlosen und schwellenferneren Zonen. Fig. 9 veranschaulicht dieses noch bildlich in schematischer Weise.

## 2. Selektive saxonische Faltung.

Betrachten wir nun zunächst im Anschluß an die obigen Ausführungen über die Bevorzugung bestimmter Zonen und Materialien durch den Faltungsprozeß die wechselnde Intensität der Faltung in den saxonischen Gebieten.

Da ist vorweg hervorzuheben, daß ja die ganze saxonische Faltung nur recht schwach ist, wenn wir die Stärke der Faltung nach dem Grade des durch sie hervorgerufenen Zusammenschubes beurteilen und wenn wir vergleichsweise etwa die Verhältnisse des variscischen Bogens oder unserer jungen »echten« Faltengebirge heranziehen. Nur ganz lokal und in bestimmten Gesteinsgliedern (Salz) können sich Faltungserscheinungen zeigen, die gegenüber alpinen nicht zurückstehen. Wenn wir also von einer »stärkeren« saxonischen Faltung reden, so ist das nur im Rahmen des ganzen Phänomens der saxonischen Gebirgsbildung zu verstehen. Der saxonische Boden war eben im großen und ganzen wenig gefügig, und zwar aus mancherlei Gründen. In Betracht kommt in diesem Sinne neben dem Vorhandensein des variscisch gefalteten Untergrundes ganz besonders dessen von der saxonischen Faltung abweichendes Streichen und sodann die vielfach nur geringe Bedeckung, unter der die Falten entstanden. Ferner brachte es die oft nur relativ geringe Ausdehnung der in den variscischen Untergrund eingesenkten Spezialbecken und deren mehrseitige Umrandung durch starrere Rahmen mit sich, daß die Einengung parallel zum einen Beckenrande den Widerstand (»Flankenschutz«) der schräg oder senkrecht dazu stehenden Rahmenzonen fand. So mag z. B. bei der Faltung des Thüringer Beckens zwischen Thüringer Wald und Harz auch der Flankenschutz des das Becken im Osten umrahmenden Grundgebirges gewirkt haben. In dem relativ widerspenstigen Boden treten auch die Erscheinungen der Verbiegung oft stark zurück und dafür erfolgt dann bei der Faltung weithin ein mehr schollenweises Neuverstaunen mit teilweisem Über einanderschieben der Massen, das aber nur eine ziemlich schwache Einengung liefert.

Die Gebiete der mit obiger Einschränkung »starken« saxonischen Faltung grenzen weithin unmittelbar an die Mitteldeutsche Schwelle an. In ihnen (z. B. Südhannover, Teutoburger Wald) herrscht die kongruente Faltungsform. Hier handelt es sich um die Gebiete ganz besonderer Wirksamkeit der »faltengebärenden« Kraft der Mitteldeutschen Schwelle. Die Faltung verschwächt sich von Südhannover aus einerseits



nordwärts (beckenwärts) in den Gebieten des ejektiven Faltungstypus und anderseits südwärts (massenwärts) in den flachgründigen Gebieten der dejektiven Muldenkerne. In letzterem Falle bedingen substantielle Gründe, nämlich die zunehmende Resistenz des Untergrundes, in ersterem positionäre Gründe, d. h. die zunehmende Distanz von der Stammschwelle, das Abflauen der Faltung, die nun ganz besonders diejenigen Zonen ergreift, die einerseits möglichst nahe der Stammschwelle liegen und dabei anderseits von relativ hoher Mobilität sind. Gewiß nimmt die Mobilität nach Norden mit zunehmender Mächtigkeit der postvariscischen Schichtenmassen und zunehmender Tiefenlage des variscischen Untergrundes noch zu, aber das kompensiert nicht die mit der größeren Distanz von der Mutterschwelle zusammenhängende Erschwerung des Faltungsvorganges.

Niederhessen ist, so wollen wir wiederholen, für den orogenetischen Druck wenig gefügig, Nordhannover wenig erreichbar; Südhannover ist ausreichend gefügig und erreichbar.

Hinsichtlich des Eintretens der substantiellen Selektion innerhalb der vertikalen Profile zeigt sich ein gewisser Gegensatz zwischen der dejektiven und der ejektiven saxonischen Faltung. Von der dejektiven Faltung Niederhessens sind nämlich die verschiedensten Schichten (Trias und lokal noch Lias) ziemlich gleichmäßig betroffen, und zwar Sandsteine, Schiefertone, Mergel, mächtigere Kalksteine usw., und höchstens in ganz lokalen Ausnahmen ist eine auf der Materialbeschaffenheit beruhende besondere Bevorzugung einer bestimmten Gesteinsart ersichtlich. Doch anders ist die Sachlage bei den Faltungsejektionen Nordhannovers. Wenn sprödere Gesteinsmassen gewiß auch an ihnen teilnehmen, so ist doch unverkennbar, daß die mobileren Gesteine, wie Tone, tonige Sandsteine, tonige Mergel, mehr noch, als ihrer Beteiligung am normalen Schichtenprofile an sich schon entspricht, in die ejektive Aufwärtsbewegung hineingezogen sind; z. B. scheinen auf den Flanken der Ejektivsättel die »Verwerfungen« sich mit besonderer Vorliebe dort einzustellen, wo der Muschelkalk stecken müßte, und das bedeutet, daß gerade der Muschelkalk in der Aufwärtsbewegung zurückgeblieben ist. In ganz besonderem Maße ist aber das Salz von der Faltung ergriffen und hochbewegt worden und die Achsen Mittel- und Nordhannovers sind ja zum guten Teile geradezu »Salzlinien«.

Bei der dejektiven Faltung Niedersachsens erkennen wir also ein in der Hauptsache harmonisches, bei der ejektiven Faltung Nordhannovers dagegen ein sehr unharmonisches Verhalten der betroffenen Gesteine.

### 3. Inkongruente Faltung infolge von ungleichmäßiger Druckwirkung.

Die inkongruenten Faltungsformen ersparen Verbiegungsarbeit gegenüber den kongruenten, und zwar zum Teil durch Verringerung der Verbiegung an sich, zum Teil durch Verlegung der erforderlich werdenden Verbiegung in möglichst mobile Materialien. Von vornherein dürfen wir sie nach obigen allgemeineren Ausführungen (vgl. S. 111) namentlich dann erwarten, wenn der injektive Eintrieb durch ganz besondere Verhältnisse erleichtert wird. Daß in diesem Sinne klaffende Spalten nicht oder doch höchstens einmal in Ausnahmefällen in Frage kommen, wurde schon gesagt.

Die Sachlage scheint vielmehr folgende zu sein.

Inkongruente Faltung zeigt sich besonders bei relativ<sup>1)</sup> erheblichen Unterschieden in der Angreifbarkeit übereinander liegender Schichtsysteme, wobei die »Angreifbarkeit« aus den besonderen Verhältnissen teils substantieller, teils positionärer Art resultiert; und zwar ist dort, wo die dejektive Faltungsform herrscht, das Hangende und dort, wo die ejektive Faltungsform herrscht, das Liegende leichter angreifbar. Die stärkere Angreifbarkeit führt bei einsetzendem Faltungsdrucke zu stärkerem Zusammenschieben oder kann doch wenigstens dazu führen, während das Hangende oder Liegende schwächer eingeeengt wird. Die schwächere Einengung eines bestimmten Erdniveaus können wir auch als seine relative Dehnung gegenüber den Niveaus stärkeren Zusammenschubes bezeichnen.

Die in horizontaler Richtung stärker zusammengeschiebenen Massen müssen natürlich in vertikaler Richtung entsprechenden Raum gewinnen. Das kann aber nur in der Richtung der abnehmenden Kompression geschehen, da ja in der Richtung der gesteigerten Kompression durch den noch verstärkten Aufstau der dortigen Massen der Weg versperrt ist. So erklärt sich auch, daß nicht in ein und derselben saxonischen Faltungsform Ejektionen und Dejektionen nebeneinander auftreten, — etwa Stülpsättel und Stülpmulden, getrennt durch Stücke einigermaßen schwebender Lagerung, — denn es ist ja nach der ganzen Sachlage die Injektion entweder aufwärts oder abwärts unmöglich<sup>2)</sup>.

Somit kommt die inkongruente Faltung unter gesteigertem Vorschube mobilerer (oder wenigstens doch aus positionären Gründen leichter zusammenschiebbarer) Massen in der Richtung zunehmenden Faltungswiderstandes — und das heißt auch bis auf

1) »Relativ« zur Stärke der Gesamtfaltung.

2) Nur dort, wo nicht eine allgemeinere aufwärtige oder abwärtige Komprimibilitätsabnahme, sondern ein mehr lokaler Komprimibilitätswechsel von Schicht zu Schicht in Frage kommt, wären vielleicht einmal kleinere Ausstülpungen einer besonders mobilen Schicht sowohl in das starrere Hangende, wie in das starrere Liegende denkbar.

einen selbstverständlichen Ausnahmefall (s. unten) in der Richtung zunehmender relativer Dehnung — zustande.

Die ungleiche Komprimibilität führt nun keineswegs in der ganzen Ausdehnung der ungleich faltbaren Niveaus zu ungleicher Einengung. Wäre das der Fall, — wäre z. B. durch die weitesten Gebiete Niederhessens das Hangende überall oder auch nur weithin stärker eingeeengt, als das Liegende —, so müßten ja unter Überwindung großer Reibungswiderstände weitgehende horizontale Verschiebungen auf Abscherungsflächen, wie sie sich etwa BUXTORF in dem salzführenden Mittleren Muschelkalke im Untergrunde des Schweizer Juragebirges vorstellt, eingetreten sein, — und von solchen Schubleistungen kann bei der geringen Stärke des saxonischen Druckes keine Rede sein; das zeigen uns auch die Bohrungen und sonstigen Aufschlüsse und der ganze geologische Bau, wenn Abscherungen gewiß auch lokal in geeigneten Materialien innerhalb der Zonen örtlich erhöhter Wirksamkeit des tektonischen Druckes nicht fehlen. Vielmehr ergibt sich aus der ungleichen Angreifbarkeit nur in ganz bestimmten Faltenteilen eine ungleiche Kompression, und zwar in denjenigen, die an sich schon in der Injektionsrichtung vorbewegt werden, d. h. bei der dejektiven Faltung in den Mulden, bei der ejektiven in den Sätteln.

#### a) Dejektive Faltung bei starrerere Tiefe.

Niederhessen kennzeichneten wir als Gebiet mit flachgründigem postvariscischen Sedimente über einem variscisch gefalteten Grundgebirge. Die erhebliche Starrheit des Untergrundes ließ, so nahmen wir an, eine irgendwie beträchtlichere saxonische Faltung nicht zustande kommen.

Klar tritt uns hier der Gegensatz zwischen einem mobileren Hangenden (postvariscisches Sediment) und einer resistenteren Tiefe (variscisches Grundgebirge) entgegen. Im Liegenden muß infolgedessen ein starker Einengungswiderstand gewaltet haben, wodurch es beim Einsetzen des orogenetischen Druckes zu einer Region relativer Dehnung wurde. Das somit eintretende abwärtige Kompressionsgefälle haben wir aber nicht nur an der unmittelbaren Grenze des resistenteren und weniger resistenten Materiales, an der es sprunghafter Art ist, sondern auch in der ganzen »Bannzone« (vgl. oben) über dem starrereren Grundgebirge. Hier ist innerhalb der Decke beweglicheren Materiales das tiefere, — wenn wir von Abweichungen durch substantielle Verhältnisse absehen, die aber gerade hier von geringerer Bedeutung zu sein scheinen —, jeweilig schwerer angreifbar, als das höhere. Es ist ja natürlich, daß der Basalschutz nur bis zu einer gewissen Höhe hinaufreicht und bei entsprechend großer Mächtigkeit des Deckgebirges in dessen hangendem Teile nicht mehr wirkt, — aber

diese Mächtigkeit ist eben dort, wo der niederhessische Bautypus herrscht, noch nicht erreicht gewesen.

In diesem Banne des starreren Grundgebirges lag auch, so scheint es, das permische Salzlager, soweit es nicht überhaupt durch vortektonische Auslaugung im Gefolge vorangegangener epirogenetischer Hebungen und Aufwölbungen örtlich beseitigt war.

Das dejizierende (abwärtig injizierende) Motiv bei der niederhessischen Faltung suchen wir also in der nahen Unterlagerung durch starreres Grundgebirge. Es kommt zur Wirkung in den an sich schon abwärts gerichteten Faltelementen, d. h. in den Mulden, die nun in der Richtung der abnehmenden Einengung vorgestülpt werden, und zwar meist in Form von »Gräben«, zurücktretend auch als Senkstreifen mit einseitiger oder beiderseitiger Begrenzung durch Flexuren.

Die verstärkte Einengung im Hangenden und die Einstülpung von hier ins Liegende muß, da weite, flächenhafte Abscherungen und Gleitungen des Hangenden auf dem Liegenden nicht eintreten, einen Ausgleich durch eine Art Gegenbewegung aus dem injizierten Liegenden zum Hangenden finden. Man betrachte Fig. 14a auf S. 129. Die gestrichelte Linie gibt in ihr die Muldenkurve bei kongruenter Faltung an; bei der inkongruenten wird das Mittelstück verstärkt gesenkt (abwärtiger Pfeil) und im allgemeinen auch verstärkt eingeengt, seine Flanken sind aber gegenüber der Kurve kongruenter Faltung gehoben (aufwärtiger Pfeil). Natürlich gilt auch hier der Begriff »gesenkt« nur relativ, denn tatsächlich haben wir ja (vgl. S. 99) kein Sinken des Grabens, sondern nur ein Zurückbleiben bei der allgemeinen Hebung und dafür ein stärkeres Voraneilen der Flanken, als bei harmonischer Faltungsform eintreten würde. Der Sattel läßt seine Schultern weniger hängen, um erst neben oder auch erst in dem randlichen Teile des dejizierten Kernes um so steiler zur Muldenlinie abzufallen, — das aber ist die kennzeichnende Form der Breitsättel bei der dejektiven Faltungsart. Bewirkt die Injektion das Bild der Stülpmulde, so hat also die Reaktion auf die Injektion ihre Bedeutung für das Zustandekommen des Breitsattels.

Durch Reaktionsschübe in diesem oder ähnlichem Sinne erklären sich vielleicht auch in manchen Fällen die kleinen Schollen älteren Gebirges, z. B. von Zechstein, die in der Randzone der Gräben eine so auffällige Erscheinung bilden. Es ist dabei vielleicht auch von Bedeutung, daß sich bei stärkerer Faltung des Hangenden, wie weiter unten noch zu zeigen sein wird, eine gewisse Tendenz vertikaler Zerrung einstellt und den Gegenschub auf die eingetretene Versenkung erleichtern kann.

## b) Ejektive Faltung bei mobilerer Tiefe.

Der nordhannoversche Typus der saxonischen Faltung (ejektive Faltung) findet sich in den inneren, sehr tiefgründigen bis grundlosen Teilen des Niederdeutschen Beckens und besonders bedeutungsvoll ist hier die weitgehende Ausschaltung der Wirkungen eines variscisch gefalteten Untergrundes. Ein solcher ist überhaupt nur noch unter dem südlichen Teile Nordhannovers vorhanden, — wie z. B. auch noch im Flechtinger Höhenzuge zwischen Öbisfelde und Magdeburg —, während der Norden schon ganz außerhalb des variscischen Bogens, den wir ja weiter westlich bei Osnabrück ausklingen sehen, liegt. Doch auch im Süden liegt das variscische Gebirge in solcher Tiefe, daß es schon eine erhebliche Einbuße an seiner Starrheit erlitten haben dürfte und seine festlegende Wirkung sowohl an sich, wie auch hinsichtlich ihrer aufwärtigen Reichweite um so geringer wäre.

Doch noch etwas anderes scheint für die Ausschaltung der Schutzwirkung des vorpermischen Grundgebirges auf die ganzen hangenden Schichtmassen und auch schon auf die an den ejektiven Satteln so stark beteiligte permische Salzformation in Betracht zu kommen, nämlich die leichte Möglichkeit örtlicher Abscherungen zwischen dem Grundgebirge und den hangenden Schichten in der Zone des permischen Salzes<sup>1)</sup>. Letzteres befand sich ja bei Eintritt der Faltung in einer Mächtigkeit, die vielleicht bis zu 1000 m betragen hat, unter einer Schichtfolge von mehreren tausend Metern; eine Überdeckung von 3000 Metern bringt aber schon eine Temperaturzunahme um rund 100°, und nach den Untersuchungen, die besonders MILCH<sup>2)</sup> angestellt hat, erfährt gerade das Salz schon durch solche Temperaturzunahmen eine ganz ungewöhnliche Steigerung seiner Beweglichkeit; der Versuch der ringförmigen Verbiegung etwas erwärmter kleiner Steinsalzstäbchen, die man durch Spaltung gewinnt, ist jederzeit leicht anzustellen. Steigert Temperaturerhöhung ganz allgemein die Bildsamkeit der Materialien, so tut sie es ganz besonders beim Steinsalz, und ist das Salz an sich schon ein relativ mobiles oder doch leicht zu mobilisierendes Element, so trifft das ganz besonders für das tiefe Salz zu.

In Niederhessen ist das Salz an den variscischen Untergrund gewissermaßen festgebannt; er macht es, wie wir sagten, schwer erreichbar für den orogenetischen Druck, so daß dieser die Eigenmobilität des Salzes nicht wesentlich erhöhen konnte. Damit sind auch die

1) Die Kalke, Dolomite usw. des Mittleren und Unteren Zechsteins, die das Salz vom variscischen Grundgebirge trennen, spielen hier etwa dieselbe Rolle, wie nach der Auffassung BUXTORFS die Untertrias und der Wellenkalk zwischen dem vorpermischen Grundgebirge und der abgescherten jüngeren Schichtfolge des Schweizer Juras.

2) L. MILCH, Über Zunahme der Plastizität bei Kristallen durch Erhöhung der Temperatur. Neues Jahrb. f. Mineralogie usw. 1909, I, S. 60ff.



Abscherungserscheinungen dort sehr erschwert. Zum Zustandekommen solcher bedarf es aber in den großen Tiefen Nordhannovers gar nicht mehr einer sehr wesentlichen Steigerung der Mobilität des Salzes durch den orogenetischen Druck, vielmehr ist hier das Salz an sich schon ohne großen inneren Halt, — auch trotz einer etwaigen Starrheit und Schutzwirkung des Untergrundes —; und deshalb ist es in seinen Faltungerscheinungen verhältnismäßig wenig durch den Untergrund gehemmt; damit ist aber auch die Einwirkung des Grundgebirges auf das ganze Hangende wesentlich abgeschwächt. Immerhin kann die Abscherung nicht, wie schon gesagt wurde, als allgemeine Erscheinung unter den Gebieten der an sich so schwachen ejektiven Faltung und speziell nicht unter den ausgedehnten Breitmulden gelten, sondern nur als lokales Phänomen unter den Zonen stärkster Wirksamkeit des orogenetischen Druckes, d. h. unter den Sattelzonen.

Hatten wir die dejektive Faltungsform durch das Vorhandensein einer besonders resistenten Tiefe erklärt, so liegt es schon von vornherein nahe, als Ursache ihrer Umkehrung, d. h. der ejektiven Faltungsform, die umgekehrten Verhältnisse, d. h. eine besondere Angreifbarkeit der Tiefe oder doch bestimmter Tiefenzonen und eine relative Resistenz des Hangenden zu vermuten. In der Tat liegen solche Verhältnisse vor. Sie sind in der Hauptsache substantieller Art und führen zu einer Ejektion aus Mobilität.

In erster Linie kommt als mobiles Tiefenelement das mächtige und, wie wir eben sahen, durch das Grundgebirge in seiner Mobilität wenig gehemmte permische Salzlager in Betracht, das ja auch an den ejektiven Sattelkernen Nordhannovers so stark beteiligt ist. Wächst mit der Tiefenlage, wie gesagt wurde, seine Mobilität sehr stark, so wächst mit ihr auch ganz besonders der Mobilitätskontrast gegenüber den andersartigen Schichten, und auf diesen kommt es bei den Faltungsinjektionen eben an.

Das Salzlager des Zechsteins war nun nicht das einzige in der Tiefe des zentraleren Niederdeutschen Beckens, sondern auch im Hangenden des Perms, in der Trias, sind Salze vorhanden, und zwar im allgemeinen in drei Horizonten, im Oberen Buntsandstein, Mittleren Muschelkalk und Mittleren Keuper. Schätzen wir die gesamte intakte Schichtmasse vom Oberen Zechstein bis zur Unterkante des Rhäts auf über 2500 m —, die Zahl ist zwar etwas unsicher —, so bestanden vielleicht zwei Fünftel oder mehr von dieser Mächtigkeit aus Salz.

Als mobilisierend kommt für die tiefere Schichtenserie ferner in Betracht, daß gerade im nördlichen Hannover die mächtige Untertrias nach dem Ergebnisse der Bohrungen im Vergleich zu weiter südlich liegenden Gebieten relativ arm an kompakteren Sandsteinen und um so reicher an Schiefen und sandigen Schiefen zu sein scheint. Gewiß fehlen demgegenüber auch starrere Schichten nicht, speziell im Muschelkalk; aber sie bilden nur einen kleinen Teil der ganzen Schichtfolge und

namentlich das starreste Schichtenglied, der Trochitenkalk, ist nur wenige Meter mächtig.

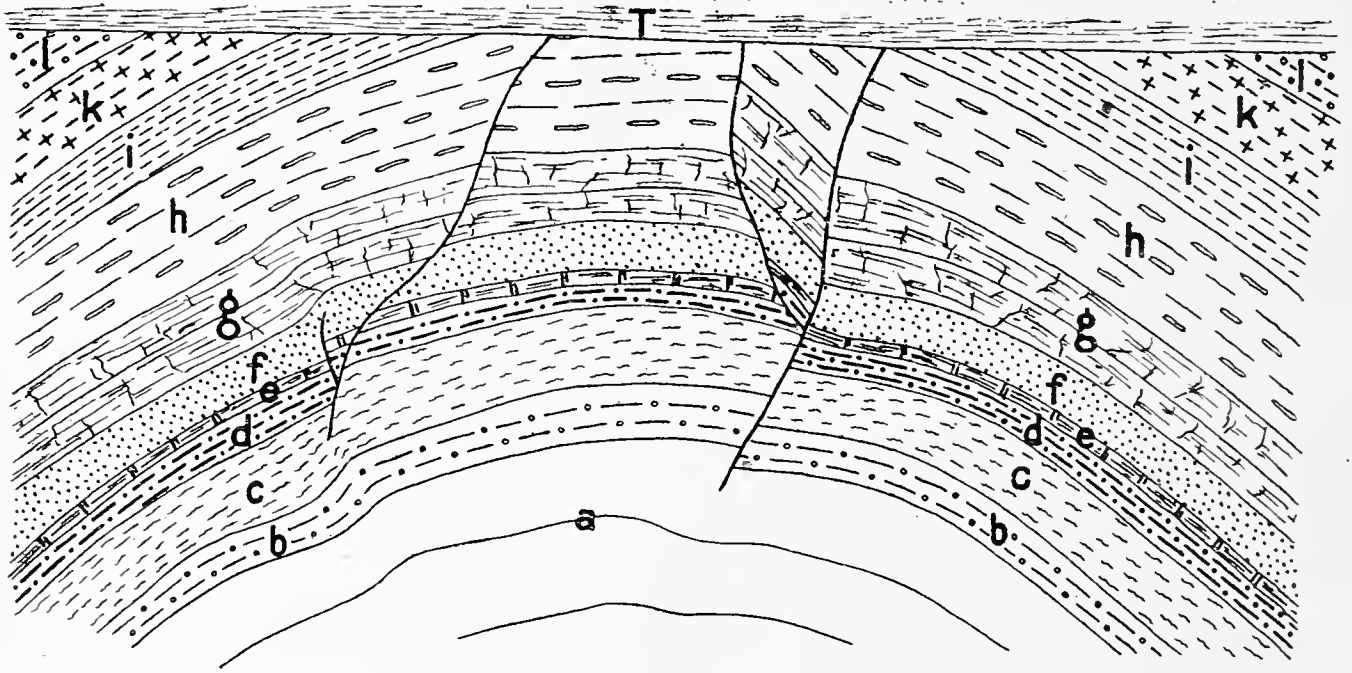
Nach vorstehenden Betrachtungen befand sich bei der saxonischen Faltung Nordhannovers eine liegende Schichtenmasse von höherer Mobilität unter einer Schichtenmasse von größerer Resistenz, d. h. es lag die Umkehrung des Verhältnisses vor, aus dem heraus wir in Niederhessen die dejektive Faltungsform zu erklären versucht haben. Die stärkere Einengung des Liegenden bedeutet die relative Dehnung des Hangenden. Fanden wir unter den Verhältnissen der dejektiven Faltung eine abwärtige, so haben wir dort, wo die Faltungsejektion eintritt, eine aufwärtige Kompressionsabnahme, und in der Richtung dieser werden nun gewisse Teile der Falten weit aufwärts vorgestreckt.

Somit ist das Vorhandensein des permischen Salzgebirges, dazu in den größeren Tiefen mit an sich hoher Temperatur, zwar der Hauptfaktor, der mobilisierend in den tieferen Regionen des zentraleren Niederdeutschen Beckens wirkt, — aber schließlich doch nur ein Faktor neben mehreren, nämlich neben anderen salinaren Einschaltungen, neben dem starken Zurücktreten starrer Gesteine und nicht zum letzten neben der allgemeinen Zunahme der Teufenmobilität in sehr tiefgründigen Schichtmassen. Unter Hinweis auf letztere mag vielleicht gefragt werden, warum denn nicht ganz allgemein eine Tendenz ejektiver Faltung in den tiefgründigen Teilen der Sedimentationsbecken erkennbar sei, — aber erstens gibt es noch viele Verhältnisse, die, wie schon die reichlichere Einschaltung an sich resistenteren Materialen, die zunehmende Teufenmobilität wieder aufheben können, und zweitens ist ja die Teufentemperatur im Falle Nordhannovers wiederum nur ein Faktor, der zu anderen hinzukommt und nun gerade ganz besonders in einem Gebirge wirkt, das salinare Einschaltungen in so erheblichem Umfange enthält.

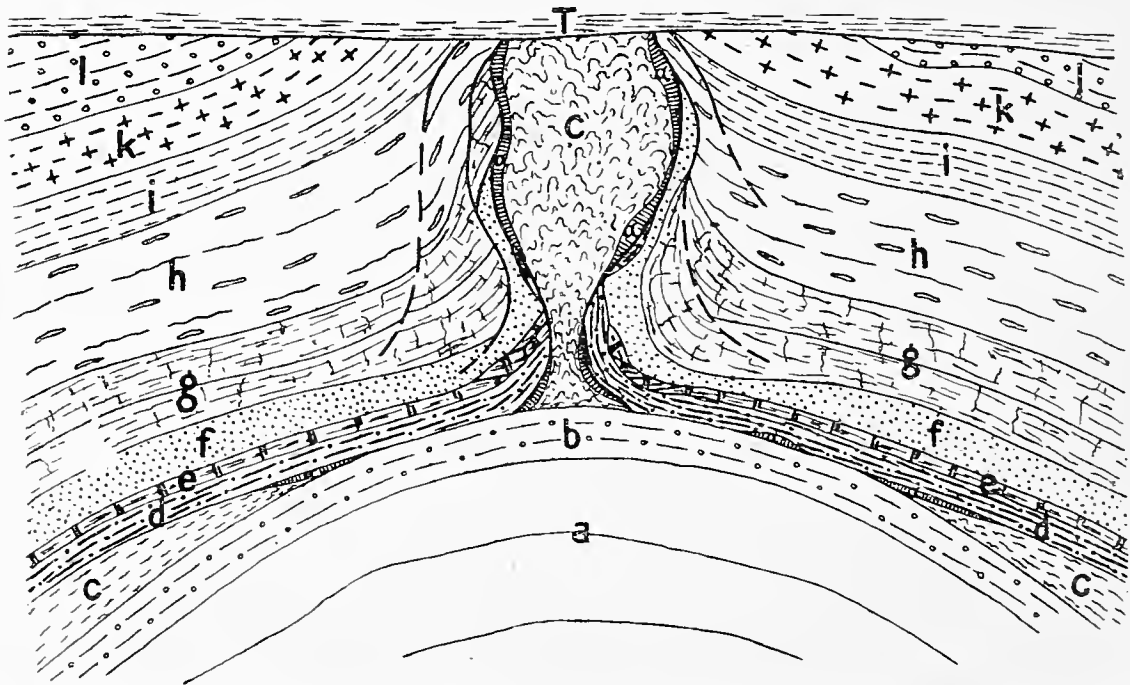
So haben wir in der Tiefe der zentraleren Teile des Niederdeutschen Beckens, wie ich nochmals zusammenfassen möchte, eine sehr mächtige Schichtfolge, die fast zur Hälfte aus Salz, im übrigen aber vorherrschend aus Tonen, Schiefern, sandigen Schiefern und tonigen Mergeln besteht und die unter der mobilisierenden Wirkung der gesteigerten Belastung und gesteigerten Temperatur steht. Das ist aber unverkennbar eine mobile Tiefe gegenüber einem Hangenden, dem zunächst das hochgradig mobilisierende Salzelement fehlt, das sich aber zweitens unter weit geringerem Drucke und unter niedrigerer Temperatur befindet.

Die höhere Mobilität der Tiefe, d. h. die Vorbedingung für die ejektive Faltungsform, ist in der geschilderten Weise zwar unter ganz Nordhannover anzunehmen, führt aber zu tektonischen Ejektionen nur in sehr schmalen Zonen, die als Sattelzonen an sich schon der vorgeschobenste Teil des Faltensystemes sind. Hier wird dasjenige unter starken Deformationen, wie die Ejektion sie mit sich bringt, gesteigert vor-

geschoben, das sich infolge seiner hohen Mobilität den neuen Raumverhältnissen am leichtesten anzupassen und ganz besonders die Kosten des Zusammenschubes in den injizierten höheren Solen zu tragen vermag, während dafür das schwerer Einengbare relativ zurückbleibt und sich den durch die Ejektion gewissermaßen frei gewordenen Raum



Fall a: Normale Sattelwölbung bei harmonischem Verhalten der Schichten.



Fall b: Ejektion aus Mobilität bei disharmonischem Verhalten der Schichten.

Fig. 10. Gesteinsmobilität und Faltungsform.

Im Falle a sind die Schichten als einigermaßen gleich starr, im Falle b ist die Schicht c (Salz) und danach die Schicht f als besonders mobil angenommen.  
a = Haselgebirge.

zunutze macht. So ist's im großen im Verhältnis der mobilen Tiefe zum resistenten Hangenden, so ist's auch im kleinen innerhalb der aufsteigenden Tiefenmassen nach der wechselnden Mobilität.

In Fig. 10b veranschauliche ich ganz schematisch den Fall einer Faltungsejektion in einem Sattelkerne unter Vergleich mit einer nor-



malen Sattelbildung (Fig. 10a). Dem oberen Bilde liegt die Annahme zugrunde, daß die Schichten  $a-l$  einigermäßen gleichmäßig mobil sind, während in Profil 10b die Schicht  $c$  (Salz) und danach die Schicht  $f$  als ganz besonders mobil angenommen werden. Am stärksten hochgepreßt ist im Profil b das in sich stark gefaltete und gefältelte Salz und auch die Schicht  $f$  ist an den Flanken des Salzes erheblich vorgestoßen. Zwischen dem Salze und dem Nebengesteine liegt das bei der Hochbewegung entstandene Haselgebirge ( $a$ ), ein Haufwerk von Blöcken und Stücken des Nebengesteines in einer Salzmatrix. Relativ zurückgeblieben sind die weniger mobilen Schichten, so besonders eine als stärker resistent angenommene Schicht  $e$ , die ihre Raumeinengung unter Zerbrechen und Zusammenstauchung erfahren hat. Den Betrag der Aufwärtsbewegung ermessen wir nach dem Alter der Schichten im Liegenden der nach der Faltung und Einebnung abgelagerten diskordanten Decke  $T$  (z. B. Tertiär), und zwar ist in beiden Fällen ein gleich tiefes Eingreifen der einebnenden Vorgänge angenommen. Im Falle a finden wir unter der Transgression die Schichten  $h, i, k, l$ , im Falle b weithin jeweilig jüngere, dafür aber auf kleine Erstreckung die relativ alte Schicht  $c$ ; das bedeutet aber für den Fall b eine Hebungsersparnis auf den Sattelflanken unter gesteigerter Hebung des besonders mobilen und deshalb besonders leicht aufwärts bewegbaren Kernes. Die Arbeitsersparnis liegt darin, daß die tektonischen Vorgänge sich möglichst in die Gebirgsglieder von geringerer Resistenz verlegen.

Die relative Senkung bzw. das stärkere Zurückbleiben der Flanken des gesteigert vorgeschobenen Sattelkernes ist gewissermaßen die Reaktion auf den ejektiven Vorgang; das erläutert Fig. 14 b (s. unten) nochmals ganz schematisch. In ihr bezeichnet die gestrichelte Linie die Kurve kongruenter Faltung; bei der inkongruenten Faltung wird nun das Mittelstück des Sattels gesteigert hochbewegt (aufwärtiger Pfeil) und eingeengt, seine Flanken werden aber entsprechend weniger gehoben (abwärtige Pfeile). Betrachten wir nun die Sachlage in bezug auf die Mulden, so heben diese ihre Flanken nicht in dem Maße, wie bei der harmonischen Faltung, sondern lassen sie bis nahe an den ejektiven Kern heran relativ gesenkt. Das aber ist es, was die »Breitmulde« kennzeichnet. Bedingt bei der inkongruenten Faltung Nordhannovers die Injektion die spezielle Ausgestaltung des Sattelteiles, so erscheint für die Ausgestaltung des Muldentheiles die Reaktion auf die Injektion besonders bedeutungsvoll.

Das disharmonische Verhalten der Gesteinsmassen verschiedener Mobilität erschien uns als Ursache der ejektiven Faltung; aber es ist auch, wie nunmehr zu zeigen ist, Folge einer solchen, und so verstärken Ursache und Wirkung einander beim Zustandekommen der sehr extremen Bilder tektonischer Disharmonie. Wir gehen davon aus, daß je stärker die Faltung einer bestimmten Sole, um so stärker auch der Hochtrieb ihrer Gesteinsmassen ist. So haben wir (vgl. Fig. 11) bei

stärkerer Kompression des Hangenden (dejektive Faltung) naturgemäß auch einen verstärkten Hochtrieb des Hangenden bei gleichzeitig schwächerem Hochtrieb des Liegenden; hier eilt das Hangende gewissermaßen voran, das Liegende bleibt ihm gegenüber zurück und so entsteht in vertikalem Sinne eine gewisse Zerrungstendenz, die vertikale Verschiebungen innerhalb der sich faltenden Massen nur erleichtern kann. Umgekehrt unterliegt bei stärkerer seitlicher Kompression des

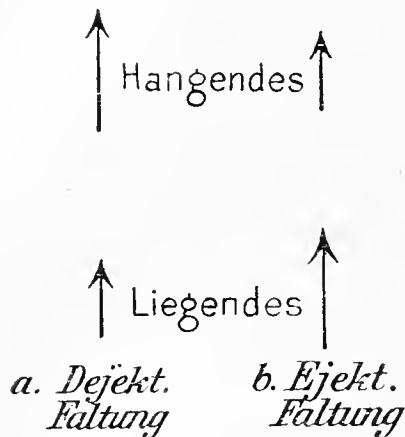


Fig. 11. Ungleiche Hochbewegung von Hangendem und Liegendem bei ungleichmäßiger Einengung.

Kurze Pfeile: Schwächere Hochbewegung infolge schwächerer Einengung.

Lange Pfeile: Stärkere Hochbewegung infolge stärkerer Einengung.

Fall a: Voraneilendes Hangendes.

Fall b: Lastendes Hangendes.

Liegenden (ejektive Faltung) dieses Liegende dem stärkeren Hochtrieb bei schwächerem Hochtrieb des Hangenden; das Hangende lastet hier gewissermaßen auf dem Liegenden, und es ergibt sich eine dem aufwärtigen Vorschub von Faltenteilen entgegenwirkende Tendenz vertikaler Kompression. Der aus der ungleichen lateralen Einengung resultierende injektive Vorschub von Faltenteilen ist also bei stärkerer Faltung des Hangenden (d. h. bei der dejektiven Faltungsart) erleichtert durch eine Tendenz vertikaler Zerrung, bei stärkerer Faltung des Liegenden (d. h. bei den ejektiven Vorgängen) erschwert durch eine Tendenz vertikaler Kompression.

Ich präzisiere die Sachlage nochmals in folgender Weise:

Der dejektive Vorschub von Faltenteilen (Muldenkernen) erfolgt hinein in ein in vertikalem Sinne entlastetes Liegendes, der ejektive Vorschub von Faltenteilen (Sattelkernen) hinein in ein lastendes Hangendes. Nebenher geht, daß in ersterem Falle das Liegende, in letzterem das Hangende in horizontalem Sinne relativ gedehnt ist.

Damit muß der aufwärtige injektive Vorschub bei der ejektiven Faltung einen ungleich höheren Widerstand finden, als der abwärtige bei der dejektiven. Der dejektive Vorschub ist, wie man vergleichsweise gegenüber dem ejektiven Typus einmal sagen könnte, mehr eine Art Hineinsenkung, der ejektive gegenüber dem dejektiven mehr eine zwangsmäßige Hineinpressung von Faltenteilen in die Zonen der geringeren seitlichen Kompression. Schon allein auf diese Weise würde sich erklären, daß bei der relativ geringen mechanischen Leistung der dejektiven »Hineinsenkung« die verschiedene Mobilität der Gesteinsmassen keine große Rolle spielt und der Faltungsvorgang wenig selektiv verfährt, während bei der ungleich erschwerteren mechanischen Arbeit der ejektiven »Hineinpressung« die Resistenz der Einzelmaterialien

eine ganz andere Bedeutung gewinnt und hier die gefügigsten (mobilsten) Massen am stärksten an den Injektionen teilnehmen. »Einpressung« erfordert eben ganz andere innere Deformationen, wie »Einsenkung«, und deshalb finden wir bei der »Einpressung« die gesteigerte Bevorzugung dessen, das der inneren Deformation am wenigsten Widerstand entgegengesetzt. Auch in diesem Zusammenhange sei auf den schon oben (vgl. Kap. III, 2) hervorgehobenen Unterschied hinsichtlich der disharmonischen Erscheinungen bei der einen und der anderen Art<sup>h</sup> der inkongruenten saxonischen Faltung verwiesen.

#### 4. Kongruente Faltung bei gleichmäßigerer Druckwirkung.

Wie erklärt<sup>f</sup> sich nun die kongruente saxonische Faltung in ihrer räumlichen und formalen Mittelstellung zwischen der dejektiven Faltung Niederhessens und der ejektiven Mittel- und Nordhannovers? Kurz gesagt dadurch, daß diejenigen Verhältnisse, aus denen heraus wir in Niederhessen und Nordhannover das Abweichen von der kongruenten Faltung deuteten, wegfallen oder doch ganz zurücktreten.

Wir erklärten die inkongruente Faltung aus der ungleichen Faltungsresistenz in übereinander liegenden Schichtsystemen; demgegenüber haben wir also kongruente Faltung dort zu erwarten, wo die ganze an der Entstehung des Faltenbildes beteiligte Schichtenfolge einigermaßen gleichmäßig dem tektonischen Drucke zugänglich war.

Im einzelnen haben wir zu erörtern, inwiefern bei der Faltung Südhannovers 1. die dejektiven Motive Niederhessens und 2. die ejektiven Motive Nordhannovers ausgeschaltet waren.

Die dejektive Faltung Niederhessens brachten wir mit der Flachgründigkeit dieser Gebiete, d. h. mit der geringen Mächtigkeit der mesozoischen Schichtentafeln über dem variscischen Grundgebirge, in Zusammenhang. Sie vollzog sich, wie wir sagten, noch im Banne der variscischen Tiefe. Demgegenüber lag das variscische Grundgebirge in Südhannover in einige tausend Meter Tiefe, so daß sich hier die Faltung wenigstens der höheren Teile schon ganz außerhalb seiner Einflußsphäre abgespielt haben dürfte; und dazu war in der größeren Tiefe Südhannovers das Grundgebirge vielleicht auch schon etwas weniger starr. Wo aber in Südhannover infolge vorangegangener säkulärer Aufwölbungen das variscische Gebirge bei Eintritt des Faltungsvorganges relativ dicht unter Tage lag, — wie im Solling, der nördlichen Fortsetzung des niederhessischen Buntsandsteingebiets, oder wie zum Teil im Eichsfelde, — da erscheint auch tatsächlich noch der niederhessische Graben.

Die Ursache für die Faltungsejektionen Nordhannovers war nach unserer Ansicht in der Hauptsache qualitativer Art, und zwar spielten die Salzlager, und unter diesen wieder das permische, die Hauptrolle<sup>1</sup>).

<sup>1</sup>) Ich beschränke mich hier auf den Hauptträger der Tiefenmobilität bei der ejektiven Faltung; andere Verhältnisse kommen, wie wir gesehen haben, hinzu.

Auch in Südhannover, und naturgemäß besonders im Übergangsbereiche zum nordhannoverschen Typus, sind Salzejektionen erkennbar, und zwar unter tektonischen Verhältnissen, die sonst noch durchaus als »südhannoversche« zu bezeichnen und speziell noch durch einigermaßen kongruente Entwicklung von Sätteln und Mulden charakterisiert sind. Aber trotz solcher lokalen Erscheinungen tritt im großen und ganzen die Ejektivität des Salzes gegenüber den nördlichen Gebieten sehr zurück. Oft genug finden wir das Salz, wenn auch in sich komplizierter gefaltet, noch dort, wo es nach dem stratigraphischen Verbands seinen Platz haben muß, d. h. unter den Aufwölbungen des Buntsandsteins; und ist es in anderen Fällen vorangeeilt, so handelt es sich doch nicht annähernd um solche Beträge, wie weiter nördlich.

• Während also in Südhannover das variscische Grundgebirge auf die höher über ihm liegenden Schichtfolgen eine dejektive Wirkung zwar nicht mehr ausüben und eine dejektive Faltung nicht mehr herbeiführen konnte, hat es doch, wie wir annehmen müssen, dem dicht über ihm liegenden Salzgebirge noch einen gewissen Schutz gegen eine gesteigerte Wirkung des orogenetischen Druckes gegeben und dadurch bis zu einem gewissen Grade die an sich hohe Mobilität des Salzes kompensiert. Immerhin war letztere noch nicht derartig, wie in den noch größeren Tiefen Nordhannovers, und damit war auch die Loslösung von der bannenden Basis durch lokale Abscherungs- und ähnliche Vorgänge noch nicht derartig erleichtert, wie weiter nördlich.

### 5. Zusammenfassung.

Die Formen der inkongruenten Faltung haben wir im wesentlichen unter dem Gesichtspunkte der gegenüber der kongruenten Faltungsart ersparten Verbiegungsarbeit zu deuten versucht. Zweierlei Arten der Ersparnis, die z. T. nebeneinander hergehen, z. T. innigst miteinander verknüpft sind, kommen dabei in Frage (vgl. S. 110), nämlich

1. Ersparnis von Verbiegungsarbeit durch Ersparnis von Verbiegung,
2. Ersparnis von Verbiegungsarbeit durch Verlegung der Verbiegung in möglichst leicht verbiegbare (mobile) Materialien.

Die durch die Einengung auf kleineren Raum erforderte Gesamtverbiegung einer bestimmten Schicht wird durch Ausstoßung eines Gesteinsstreifens oder Gesteinskeiles in das Hangende oder Liegende herabgesetzt; dieser Vorgang wird unter den Verhältnissen der inkongruenten Faltung durch eine gesteigerte Eintriebsmöglichkeit in das Hangende oder Liegende erleichtert, die dadurch zustande kommt, daß infolge qualitativer oder positionärer Verhältnisse der einzuengenden Massen die Faltbarkeit in einem Falle (Fig. 12 a) nach dem Liegenden; im anderen (Fig. 12 b) nach dem Hangenden abnimmt und damit bei einsetzender Faltung in dem einen Falle (a) das Liegende, in dem anderen (b) das Hangende gewissermaßen in

den Zustand relativer Dehnung kommt. Wir haben im ersten Falle ein abwärts gerichtetes, im zweiten ein aufwärts gerichtetes Komprimibilitätsgefälle, und in der Richtung desselben werden nun einzelne Faltenteile gesteigert vorgeschoben. Der Ausgleich der relativen Dehnung wird in diesem Sinne durch tektonischen Einschub erzielt.

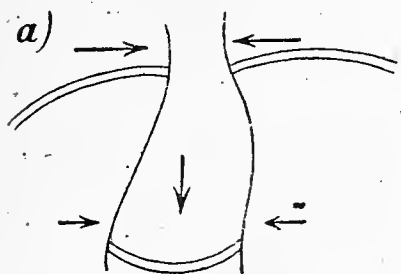
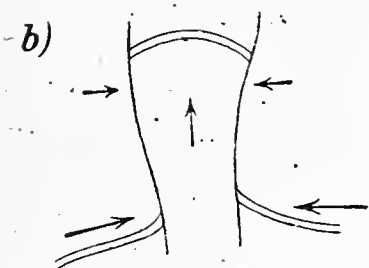


Fig. 12. Schematische Veranschaulichung der Injektion komprimablerer Massen in Zonen geringerer Kompression

- a) bei der dejektiven Faltung.  
b) bei der ejektiven Faltung.

Kurze horizontale Pfeile: größerer Faltungswiderstand und geringere Kompression (relative Dehnung).



Lange horizontale Pfeile: geringerer Faltungswiderstand und stärkere Kompression.

Vertikale Pfeile: Injektion in der Richtung zunehmender Starrheit und zunehmender relativer Dehnung.

Die inkongruente Faltung kommt dort zustande, wo die Gesteinsmassen in verschiedenen Erdsohlen auf den orogenetischen Druck stark ungleich reagieren, die kongruente dort, wo die Schichtensysteme der Einengung einigermaßen gleichmäßig zugänglich sind.

Ersparnis von Verbiegungsarbeit durch Verlegung der Verbiegung in möglichst verbiegbare Materialien tritt bei den injektiven Faltungen schon dadurch ein, daß sich Gesteinsmassen der komprimableren Zone in die weniger komprimable Region verschieben und hier einen erheblichen Teil der erforderlichen Verbiegung zugunsten der Ersparnis von Verbiegung in den weniger angreifbaren Materialien auf sich nehmen. So wird unter Umständen der Einengungsvorgang im ganzen Bereiche der vertikalen Durchdringung erleichtert. Alles das spielt eine ganz besondere Rolle bei der ejektiven Faltungsform und bei dieser kommt nun innerhalb der vorgeschobenen Massen noch die bevorzugte Faltung der mobileren Komponenten hinzu. So kommt die ejektive Faltung auf das gesteigerte Voraneilen der mobilsten Elemente in der Richtung des aufwärtigen Kompressionsgefälles hinaus und wir stehen bei ihr den extremsten Fällen »disharmonischer« Faltung gegenüber.

Die dejektive Faltung ist eine solche bei trägerer<sup>1)</sup>, die ejektive eine solche bei mobilerer<sup>1)</sup> Tiefe, und so können wir geradezu

<sup>1)</sup> Korrekter würde man wohl sagen bei träge sich verhaltender und bei mobiler sich verhaltender Tiefe. Denn im ersteren Falle können ja an sich mobile Elemente da sein, doch ist ihre Mobilität unwirksam gemacht (z. B. in der Bannzone des liegenden Grundgebirges), und im letzteren Falle können an sich



von der dejizierenden (herabziehenden) Wirkung einer starren, von der ejizierenden (ausstoßenden) Wirkung einer mobileren Tiefenregion sprechen. In diesem Sinne spielen zwei Schichtensysteme eine ganz wesentliche Rolle, ein stabileres, nämlich das variscisch gefaltete Grundgebirge, und ein mobileres, nämlich die permische Salzformation<sup>1)</sup>.

Das stabilere System wirkt besonders im Süden (Niederhessen) und verschwächt seine Wirkung nordwärts, das mobilere besonders im Norden (Nordhannover) und verschwächt seine Wirkung südwärts, und zwar besteht ein gewisser ursächlicher Zusammenhang zwischen der

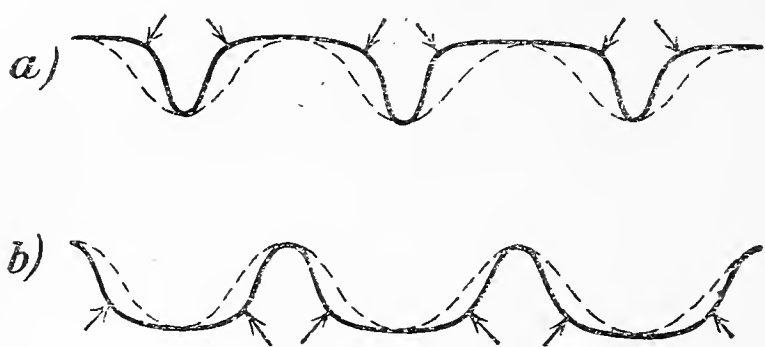


Fig. 13. Inkongruente Faltung und Faltungswiderstände.

Der Ausbildung der (gestrichelten) kongruenten Faltungskurve wirkt entgegen bei der a) dejektiven Faltung ein Faltungswiderstand im Liegenden, b) ejektiven Faltung ein Faltungswiderstand im Hangenden.

Und mit nachlassender Starrheit infolge zunehmender Tiefe (und zum Teil auch infolge nach Norden ausklingender variscischer Faltung) verschwächt sich auch und verschwindet schließlich die schützende Wirkung, die das vorpermische Grundgebirge auf sein Hangendes und speziell auf das in den Zustand hoher Teufenmobilität gelangte permische Salzlager ausübt.

Bei den beiden Formen inkongruenter Gebirgsbildung spielen — auch so können wir die Sachlage ausdrücken —, Faltungshemmungen eine Rolle, und zwar bei der dejektiven Faltung solche der Tiefe, bei der ejektiven Faltung solche im Hangenden. Will ich in Fig. 13 die Kurve *a* (dejektive Faltung) in die Kurve kongruenter Faltung überführen, so muß ich von oben her, will ich das gleiche mit der Kurve *b* (ejektive Faltung) tun, so muß ich von unten her eine Ausbauchung vornehmen. Es verrät sich damit gewissermaßen bei der Kurve *a* ein Widerstand von unten her, bei der Kurve *b* ein solcher von oben her gegen die Entstehung der kongruenten Faltungskurve. Der Liegendwiderstand ist im Falle der dejektiven Faltung die größere

starrere Massen (Grundgebirge) da sein, sind aber in ihrer Wirksamkeit auf das Hangende (z. B. durch Abscherung des Mobileren über ihnen) stark eingeschränkt.

<sup>1)</sup> Auch hier beschränke ich mich wieder auf den Hauptträger der Tiefenmobilität.



Starrheit des Grundgebirges bzw. die von ihm ausgehende und nach dem Hangenden abnehmende Schutzwirkung, der Hangendwiderstand ist im Falle der ejektiven Faltung die schwere Last des weniger mobilen und vielleicht auch für den orogenetischen Druck weniger erreichbaren Hangenden.

Die stärkere Einengung eines bestimmten Niveaus muß entweder zu weitgehender Abscherung zwischen diesem und den Niveaus größerer Starrheit oder zu irgendeiner Art mehr örtlichen Ausgleiches führen. Weite Abscherungen kommen nicht in Frage, und so bringen den Ausgleich die schon geschilderten örtlichen Reaktionsbewegungen. Somit kommt das Bild der inkongruenten Faltung durch zweierlei Vorgänge zustande; deren zweiter durch den ersten unmittelbar ausgelöst wird, nämlich

1. durch die Injektion, d. h. den Vortrieb aus den mobileren in die resistenteren Zonen,
2. durch die Reaktion auf die Injektion, d. h. die Gegenbewegung aus den resistenteren Zonen zu den mobileren infolge der Evakuierung der letzteren.

Die Injektion ist dabei in den Zonen der Sättel und Mulden die zentrale, die Reaktion die mehr randliche Erscheinung.

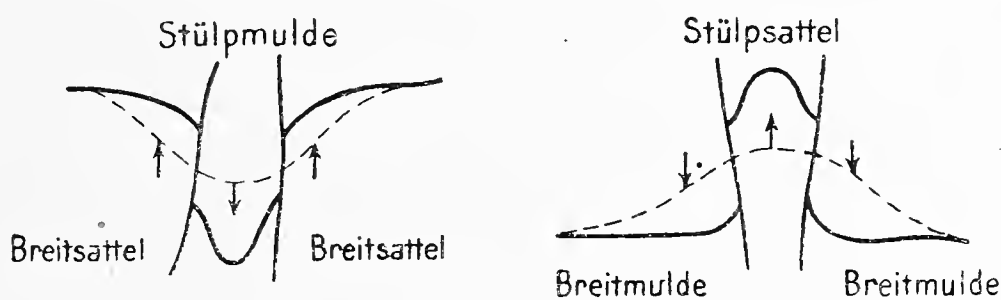


Fig. 14. Injektion und Gegenbewegung (Reaktion) bei inkongruenter Faltung

a (links): bei dejektiver Faltung

b (rechts): bei ejektiver Faltung.

Die gestrichelten Kurven geben die kongruente Faltenentwicklung an. Ihr gegenüber sind die Mittelstücke vorangeeilt und stärker eingeeengt, die randlichen Teile aber verflacht, und zwar gewissermaßen infolge Gegenbewegung gegen die Injektion. Die Injektion schafft die Stülpmulden und Stülp-sättel, die Gegenbewegung ist für die Ausgestaltung der zugehörigen Breitmulden und Breitsättel von Bedeutung.

Die Injektion schafft die injektiven Sattel- oder Muldenkerne, die nur ein Teil des inkongruenten Faltenwurfes sind, der im übrigen auch die Breitmulden oder Breitsättel umfaßt. Für deren Ausbildung scheint nun die Reaktion eine ganz besondere Bedeutung zu haben. Ich habe das schon für die dejektive und ejektive Faltung im einzelnen ausgeführt und veranschaulicht es zusammenfassend nochmals in Fig. 14.

Wenn ich oben die geringere Kompression eines bestimmten Erd-niveaus als dessen »relative Dehnung« angesprochen und durch diese die Erleichterung des Injektionsvorganges erklärt habe, so bleibt doch

zu bedenken, daß die »relative Dehnung« schon gewissermaßen in statu nascendi durch Verschiebungen neben den Injektionsstätten wieder ausgeglichen wird. Am letzten Ende findet ein zur Erleichterung der ganzen Faltung führender Massenaustausch zwischen höheren und tieferen Solen statt.

Eine ganz besondere Rolle können dabei Verwerfungen, Überschiebungen und als unmittelbare Folge der ungleichen Reaktion auf den tektonischen Druck auch die »Faltungsdiskordanzen« spielen, — und Faltungsdiskordanzen gesteigertster Art sind in der Mehrzahl der Fälle schließlich auch die »Randverwerfungen« unserer »Salzhorste«.

Auf einen ganz selbstverständlichen Fall ist zum Schluß noch hinzuweisen, in dem ein Niveau relativer Dehnung, und zwar stärkster relativer Dehnung, nicht zugleich ein Niveau gesteigerter Starrheit und damit gesteigerten Faltungswiderstandes ist, — das ist der Fall der freien Atmosphäre über dem obersten Erdniveau. Würden wir die ejektive Faltung allein als Folge der relativen Dehnung des Hangenden auffassen, so ließe sich mit Recht einwenden, daß dann ja jede Faltung nahe der Tagesoberfläche eine ejektive sein und daß im Falle der niederhessischen Faltung die dejektive Wirkung der relativen Dehnung der Tiefe durch eine ejektive der unvergleichlich stärkeren relativen Dehnung der Lufthülle wenigstens in den hangendsten Zonen der Faltung aufgehoben sein müsse; dieser Einwand ist natürlich hinfällig bei der Erklärung der inkongruenten Faltung durch gesteigerten Eintrieb von mobileren Massen in die Niveaus größerer Resistenz und damit auch relativer Dehnung. Speziell bei der dejektiven Faltung ist die Sachlage ja die, daß die stärkere Einengung der hangenden Schichten den tiefer liegenden Schichten den ejektiven Weg versperrt, — auch wenn über ihnen nun plötzlich an der Oberfläche der ganzen Schichtmasse die Möglichkeit stärkster Dehnung eintritt.

#### **IV. Injektive Salzfaltung und Salzaufstieg.**

##### **1. Injektive Salzfaltung aus Mobilität.**

Aufwärtige Injektion aus Mobilität, d. h. gesteigerter tektonischer Vortrieb des Beweglicheren unter orogenetischem Drucke, — das ist es, was das Salzgebirge im Niederdeutschen Becken erfahren hat. Seine Ejektion ist ein extremer Fall des disharmonischen Aufwärtstrebens der Massen, das zu vertikalen Durchdringungen führt. So stabil sich auch das Salz während der anorogenetischen Zeiten wenigstens auf hohen Erdsohlen verhält, ein so mobiles Material ist es auch schon auf diesen unter orogenetischem Drucke, und eine gewaltige Steigerung erfährt dieser Zustand natürlich noch mit zunehmender Tiefe, solange ein starres Basalgebirge das Salz nicht in seinem schützenden Banne hält. So kommt es, daß das Salz unter dem Faltungsdrucke den übrigen Schichten, meist im Kerne der Sättel, weit vorseilt und dann als Salz-

stock von vielfach sehr unregelmäßiger Kontur oft inmitten ganz junger Schichten steckt, deren Faltung, wie ja gerade bei inkongruenter Faltungsform nicht überraschen kann, unter Umständen nur schwach angedeutet ist. Wenn dann dazu noch die Aufschlüsse, wie z. B. unter der Quartärbedeckung Nordhannovers, auf ein paar Bohrungen beschränkt sind, kann leicht die Vorstellung erweckt werden, als ob das Salz inmitten ganz flacher Schichten eingeschlossen sei.

Der ganze Vorgang ist also eine Überführung gefügiger Salzejekte aus der Region größerer Kompression und größerer Beweglichkeit in die hangenden Zonen relativer Dehnung; das Salz wird aus seinem ursprünglichen Schichtverbände herausgerissen und steckt nun, wie ich es früher einmal ausgedrückt habe, als ein Faltengebirge von Salz inmitten des Schollengebirges der hangenden Schichten. Es entspricht eben dem Gesetze der geringsten Widerstände, daß bei stärkerer Raumeinengung in erster Linie das beweglichste, dessen Zusammenschub und Hochförderung am wenigsten Arbeit beansprucht, herausgequetscht wird, falls es so lag oder so weit aufgewölbt war, daß der tektonische Druck es richtig anfassen konnte.

Wenn man bei dem Vorgange des Aufstieges der Salzmassen von einem »Salzgletscher« oder »Salzstrome« spricht, so sind das eben mehr oder weniger glückliche Bilder, die man rein als solche und ohne die von den Autoren mit den Bezeichnungen verbundenen genetischen Deutungen auch bei der Erklärung durch episodischen tektonischen Druck akzeptieren könnte.

Die Verbreiterung der Salzstöcke nach dem Hangenden und ihre Umgrenzung im Vertikalschnitte durch »Schwanenhalskurven« ist mehrfach beobachtet worden, und in extremen Fällen mag eine derartige Salzmasse die Verbindung nach der Tiefe sogar gänzlich verloren haben und in Form eines riesigen Salztropfens inmitten jüngerer Schichten stecken. Das Ende eines derartigen Salztropfens ist zwar in so großen Tiefen zu erwarten, daß die gänzliche Unterfahrung wohl kaum einmal eintreten wird; immerhin sind durch unmittelbarerem Aufschluß Fälle des beiderseitigen Einschiebens der Randgesteine unter das Salzgebirge belegt<sup>1)</sup>.

LACHMANN hat in der Gestaltung der seitlichen Ränder der Salzstöcke »nach Schwanenhalskurven« einen Beweis für die nichttektonische (autoplaste) Formung seiner »Salzekzeme« erblicken wollen. Meines Erachtens ist es die Abnahme des Manteldruckes auf die Salzmassen mit zunehmender Höhenlage, die die zunehmende Erstarrung des Salzbreies und vor allem den seitlichen Raumgewinn begünstigt; wir erhalten damit in einem solchen Salzprofile die relative Dehnung eines weniger mobilen Hangenden unmittelbar veranschaulicht.

Daß die Kalke und Dolomite des Mittleren Zechsteins, die das Salz-

<sup>1)</sup> Solche Fälle liegen der Darstellung in Fig. 10b zugrunde.

gebirge unterlagern, die hochgradige Aufwärtsbewegung und die hochgradige innere Faltung der Salzmassen nicht mitmachen können, ist ja, da doch die gesteigerte Faltung und Hochbewegung des Salzes auf seiner Mobilität beruht, nur selbstverständlich und kann unmöglich, wie mehrfach geschehen, als Beweis gegen die tektonische Formung des Salzes verwertet werden. Mittlerer Zechstein und Salz verhalten sich eben gänzlich disharmonisch. KIRSCHMANN<sup>1)</sup>, der sich ganz im LACHMANNschen Gedankenkreise bewegt, meint zwar, »daß nicht einzusehen sei, wie das hangende Salzgebirge durch seitlichen Druck zu den höheren Regionen aufgepreßt sein soll, ohne daß das Liegende eine sattelförmige Lagerung besitzt«. VAN WERVEKE<sup>2)</sup> ist KIRSCHMANN schon entgegengetreten und hat darauf hingewiesen, daß durch Abscherungen bei der Auffaltung, wie sie BUXTORF (l. c.) im Faltenbau des Kettenjuras angenommen hat, die nach KIRSCHMANN entscheidende Tatsache, »an der jeder Versuch einer Deutung mit Hilfsmitteln der normalen Tektonik scheitern muß« (KIRSCHMANN, l. c.), eine ungezwungene Erklärung findet. VAN WERVEKES und meine Ansichten gehen, wie überhaupt hinsichtlich der prinzipiellen Erklärung des Salzauftriebes, so auch hinsichtlich dieses Details parallel, — denn eine gewisse Abscherung ist eben die notwendige Begleiterscheinung bei stark disharmonischer Faltung.

In dem in Fig. 10b gegebenen Bilde einer injektiven Faltungsform als Folge gesteigerter Mobilität einzelner Schichtsysteme wird in dem Verhalten der Schicht c der spezielle Fall einer Salzinjektion veranschaulicht. Daß das Salz in diesem Bilde auf gewisse Erstreckung zwischen seinem ursprünglichen Hangenden und Liegenden in der Zone der stärksten Aufpressung ganz fehlt, ist natürlich nur ein für die Darstellung angenommener spezieller Fall. Wenn ich es ferner etwas abseits von der Salzinjektion wieder in seinem ursprünglichen Verbande erscheinen lasse, so stütze ich mich auf die bisher wohl einzige Bohrung, die einmal unter einigermaßen vergleichbaren Verhältnissen an der Flanke eines aufgepreßten Salzkernes das permische Salzgebirge getroffen hat, nämlich auf die Bohrung Petze am Südflügel des Hildes-

1) KIRSCHMANN, Die Lagerungsverhältnisse des oberen Allertales zwischen Morsleben und Wallbeck. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1913, S. 1—27. Zu den von KIRSCHMANN gegebenen Profilen durch das »Ekzem« der oberen Aller, auf die sich LACHMANN immer wieder bezieht, ist übrigens zu bemerken, daß die »flache« Lagerung des Mittleren Zechsteins doch recht anfechtbar zu sein scheint. Jedenfalls stimmt mit ihr durchaus nicht überein, daß SCHMIERER, wie HARBORT (Monatsber. deutsch. geol. Ges. 1913, S. 107) mitteilt, in Kernen von Bohrungen, die in das Liegende des »Ekzems« gestoßen wurden, ein Einfallen des Mittleren Zechsteins von über 40° feststellte. Daraus hat schon HARBORT geschlossen, daß die Oberfläche des Mittleren Zechsteins unter dem Allertal keineswegs so ungestört zu liegen scheint, wie KIRSCHMANN annahm.

2) L. VAN WERVEKE, Stauchungen in der Lettenkohle bei Farschweiler (Lothr.), verbunden mit Abscherungen. Hinweis auf die Salzhorste Norddeutschlands. Mitt. Geol. Landesanst. Els.-Lothr., Bd. VIII, 1913, S. 221 ff.

heimer Waldes. Mehrfach ist ja behauptet und in schematischen Bildern veranschaulicht worden, daß das Salz der Salzkerne unter den angrenzenden flachen Schichttafeln durch deren Gewicht nach der Seite hin weggepreßt worden sei, und gerade mit Rücksicht hierauf habe ich die für die Klärung des Verhaltens des Salzgebirges etwas abseits vom aufgepreßten Sattelkerne ungewöhnlich günstig liegende Bohrung Petze während ihrer Niederbringung mehrfach besucht und ihre Resultate in allen Einzelheiten verfolgt. Das von mir festgestellte Bohrprofil ist bereits in der Erläuterung zu Bl. Sibbesse der geol. Spezialkarte von Preußen veröffentlicht worden; es ist folgendes:

- 110 m Röt, unten Gips,
- 954 m Mittlerer und Unterer Buntsandstein.
- 975 m Roter Ton und Letten.
- 1033 m Roter Ton und Steinsalz wechselnd.  
   Anhydritlagen bei 997,4 m,  
   998 m,  
   999 m.
- 1084,4 m Rötliches Steinsalz, oben noch mit rötlichen Letten.
- 1084,6 m Sog. Pegmatit-Anhydrit.
- 1100 m Roter jüngerer Salzton
- 1105 m Graufarbiger jüngerer Salzton } Jüngerer (»roter«) Salzton.  
   mit Steinsalz
- 1238,28 m Rötliches Steinsalz, zu oberst noch mit etwas grauen Letten.  
   Steinsalzhaltige Anhydrite bei 1133,5—1134 m,  
   1142,9—1154,5 m,  
   1167,3—1170 m.
- 1242,35 m Sylvinit
- 1242,50 m Steinsalz } Kaliflöz »Niedersachsen« (jüngeres Kalilager).
- 1250,67 m Carnallit }
- 1290,3 m Rötliches und helles Steinsalz.

Die Bohrung ist hiernach dicht über dem Hauptanhydrit, unter dem nach einer Zwischenlage von älterem (»grauen«) Salzton das ältere Kaliflöz »Staßfurt« zu erwarten ist, eingestellt worden.

Das Profil ist völlig intakt; das Salz liegt durchaus normal unter seinem ursprünglichen Hangenden, und Salzschiefer nach Salzschiefer wurde in fast söhligiger Lagerung ohne Spuren tektonischer Beeinflussung und speziell tektonischer Reduktion durchsunken! Vom Südflügel bei Petze aus ist also gewiß nicht das Salz zum Salzkerne des Hildesheimer Waldes hingedrückt worden. Nun ist der dortige Salzkerne zwar ein ejektives, aber doch noch nicht ein derartig extrem ejektives Gebilde, wie etwa die Salzkerne der Lüneburger Heide, und so wird man vielleicht einwenden, daß das, was am Hildesheimer Walde noch nicht zutrifft, trotzdem unter der gesteigerten Last des nordhannoverschen Deckgebirges möglich sein könnte, und dabei wird man vielleicht besonders auf die hohe Teufmobilität des Salzes unter der Bedeckung von mehrere tausend Meter Sediment hinweisen. Der Einwand würde an sich auch nicht ganz unberechtigt sein, wenn nicht schon ganz andere Verhältnisse dem isosta-



tischen Auftriebe unter den randlichen Sedimentmassen hinweg widersprechen. Aber man hätte andererseits doch bei Petze wenigstens eine Andeutung dessen erwarten müssen, was unter den gesteigerten Verhältnissen Nordhannovers eine für die ganze Entstehung der Salzkerne prinzipiell bedeutungsvolle Erscheinung sein soll. Die unmittelbare Anschauung wird uns über das Vorhandensein oder Fehlen des Salzes unter den randlichen Teilen der nordhannoverschen Breitmulden keine Aufklärung geben können, denn dort sind die Tiefen zu groß; wo aber weiter südlich (Hildesheim) nach der Tiefenlage des Salzes die Probe aufs Exempel gerade noch möglich war, hat sie jedenfalls für den angenommenen weiten Zustrom des Salzes von den Seiten her keinen Anhalt ergeben.

## 2. Isostatischer Auftrieb des spezifisch leichten Salzes nach Arrhenius-Lachmann.

Die Auffassung, daß die Mobilität des Salzmaterialies den gesteigerten Aufstieg bedingt, steht im Gegensatz zu den ARRHENIUS-LACHMANNschen Vorstellungen<sup>1)</sup>, nach denen das geringere spezifische Gewicht die Ursache der Hochbewegung ist und diese also auf isostatischem Auftriebe beruht. »Als wesentliche Kraft bei der Bildung der Salzstöcke haben wir den Salzauftrieb erkannt, d. h. eine als Wirkung der Schwerkraft der Erde sich kenntlich machende vertikale Kraft, welche im Schwerpunkte der Salzmassen angreift und sie gegenüber den umliegenden und spezifisch schwereren Erdmassen aufwärts bewegt. Wir haben im kleinen eine Äußerung der Isostasie in der Erdrinde vor uns« (ARRHENIUS-LACHMANN, l. c. S. 153).

Zugegeben, daß die geringere Schwere, wenn das gefügte Salz durch tektonischen Druck in Aufwärtsbewegung gebracht ist, den Auftrieb noch zu erleichtern vermag, so kann sie doch nicht die wesentliche Ursache desselben sein. Der isostatische Auftrieb ist eine bis zur Einstellung völliger Isostasie mehr oder weniger ständig wirksame Kraftquelle und müßte eine mehr oder weniger ständige (säkuläre) Hochbewegung des Salzes veranlassen. Eine solche nimmt ja LACHMANN — und mit ihm ARRHENIUS, dem als Physiker die einschlägigen geologischen Beweisgründe natürlich ferner liegen —, tatsächlich auch an, wie auch recht viele andere Salzforscher tun, z. B. HARBORT und SEIDL. Aber dem ist eben entgegenzuhalten, — wie ich schon mehrfach seit 1910 getan habe, ohne daß eine ernsthaft zu nehmende Einrede hätte erhoben werden können, — daß das Salz sich nur in den zeitlich ziemlich genau fixierbaren orogenetischen Phasen der Vorzeit, also episodisch, aufwärts bewegte, während es in den anorogenetischen Zeiten wie jedes

<sup>1)</sup> SV. ARRHENIUS und R. LACHMANN, Die physikalisch-chemischen Bedingungen bei der Bildung der Salzlagerstätten und ihre Anwendung auf geologische Probleme. Geolog. Rundschau 1912, Bd. 3, S. 139ff.



andere Gestein des Niederdeutschen Beckens zur Tiefe sank; und so kann auch nicht eine kontinuierlich wirkende Kraftquelle, wie der Auftrieb infolge geringeren spezifischen Gewichtes, als Ursache oder wenigstens nicht als Hauptursache des Salzaufstieges in Frage kommen, sondern nur eine in den orogenetischen Phasen sich episodisch einstellende. Und diese ist eben der orogenetische Seitendruck, der erst dem Salz, wenigstens soweit es überhaupt noch oder schon wieder in höheren Erdzonen steckt, seine hochgradige Mobilität verleiht und es erst injektibel macht.

Ich fasse die von mir vertretene Auffassung nochmals in folgendem kurzen Satze zusammen: Der Salzauftrieb ist weniger die Ejektion des besonders leichten, als vielmehr des besonders mobilen Materiales.

### 3. Salzinjektion in Spalten.

Schon bei der ersten Erörterung dessen, daß bestimmte Verhältnisse den tektonischen Eintrieb in das Liegende oder Hangende erleichtert zu haben scheinen, fragten wir, ob vielleicht klaffende Spalten eine Rolle spielen, und damals wurde schon gesagt, daß nur in gewissen Ausnahmefällen derartiges anzunehmen sei. Solche Fälle zeigt uns nun begreiflicherweise im besonderen Maße das gefügigste Schichtenmaterial, das Salz, indem es sich in Spalten des spröderen Hangenden oder Liegenden oder Seitengebirges, vor allen Dingen aber in seine spröderen Zwischenschichten (Anhydriteinschaltungen usw.) hineinfaltet und hineinschiebt. Recht anschauliche Bilder solcher Erscheinungen, und zwar sowohl von Fällen ejektiven (aufwärtigen), wie dejektiven (abwärtigen) Vorschubes, hat kürzlich noch W. WAGNER<sup>1)</sup> aus dem oberelsässischen Salzgebirge veröffentlicht. Bei dem Vortriebe in Spalten liegt der Vergleich zwischen der tektonischen Injektion des Salzes mit der vulkanischen des Glutbreies natürlich besonders nahe, so groß der Unterschied der Mobilität des Salz»breies« von derjenigen eines Glutbreies auch noch gewesen ist. In der äußeren Form können diese tektonischen Salzinjektionen unter Umständen »posthumen« Kluftausfüllungen durch chemischen Absatz ähnlich werden, aber die innere Struktur pflegt uns die wahre Natur anzuzeigen.

### 4. Terminologisches.

Welche Bezeichnung wird nun der Eigenart dieser nordhannoverschen Salzejekte am besten gerecht? Man hat ja, als man die Massen von Salz inmitten weit jüngerer Schichten zuerst kennen lernte, von »Salzhorsten« gesprochen; aber ich habe schon vor mehreren

<sup>1)</sup> W. WAGNER, Einpressungen von Salz in Spalten der oberelsässischen Salz- und Kalisalzablagerungen. Mitt. Geol. Landesanst. Els.-Lothr. 1916, Bd. IX, Heft 2, S. 135ff.

Jahren<sup>1)</sup> geltend gemacht, daß sich die hochaufgepreßten Salzkerne, die alle Spuren des bei ihrer Aufwärtsbewegung erfolgten intensiven Zusammenschubes tragen, so weit von dem entfernen, was man gemeinhin einen »Horst« nennt, daß man gut tut, die Bezeichnung »Salzhorst« nicht mehr zu gebrauchen und mit unverfänglicheren Bezeichnungen, wie z. B. »Salzkern«, auszukommen. Auch von »Salzpfeilern« und »Salzstreifen« habe ich in diesem Sinne gesprochen. Im Anschluß an den Begriff der injektiven Faltung des Salzes, der an die Terminologie der vulkanischen Phänomene erinnert, empfiehlt sich vielleicht die Anwendung des wohl auch sonst schon gebrauchten Wortes »Salzstock«, das wenigstens der Lage inmitten fremdartigen Gesteines und zum Teil auch der Art der Konturen einigermaßen gerecht wird. Mit dieser Terminologie nähern wir uns scheinbar den E. HARBORTSchen Gedankengängen von dem Aufsteigen des Salzbreies in Spalten nach Art eines Magmas. Und doch besteht der grundsätzliche Unterschied<sup>2)</sup> zwischen der Vorstellung HARBORTS von einem infolge vertikal wirkender Kräfte mehr oder weniger kontinuierlich vor sich gehendem isostatischen Auftriebe und der Vorstellung der episodischen injektiven Faltung unter tangentialen Drucke.

## V. Zur Systematik der Horste und Gräben.

### 1. Begriff Horst und Graben. Haupteinteilung.

Die Begriffe »Horst« und »Graben« sind bekanntlich durch E. SUESS (Antl. der Erde, I. Teil, S. 166/67) aus der Bergmannssprache in die Sprache des Geologen eingeführt worden. SUESS verstand unter einem Graben einen versenkten Streifen der Erdkruste und unter dem Horst den trennenden Rücken zwischen zwei Gräben, d. h. einen stehbleibenden Teil inmitten der zur Tiefe sinkenden Schollen. Die Bezeichnungen »Graben« und »Horst« sind derartig in die geologische Wissenschaft eingebürgert, daß man sie beibehalten muß, auch wenn man die von SUESS gegebene genetische Erklärung, zunächst, was die Horste anlangt, dann aber auch hinsichtlich der Mehrzahl der Gräben, ablehnt, — nur muß man die Bezeichnungen nicht mehr, wie SUESS es tat, genetisch, sondern rein beschreibend verwenden und also unter einem Graben einen von Verwerfungen umrandeten Streifen jüngerer Schichten inmitten älteren Gebirges, unter einem »Horst« einen von Verwerfungen umrandeten Komplex älterer Schichten zwischen jüngeren verstehen.

Die Gebilde, die nach diesem rein beschreibenden Verfahren als Horst oder Graben bezeichnet werden, sind ihrer Entstehung nach

<sup>1)</sup> H. STILLE, Untergrund der Lüneburger Heide usw. 4. Jahresber. Niedersächs. geol. Ver. 1911, S. 259.

<sup>2)</sup> Hierüber vgl. H. STILLE, Das tektonische Bild des Benther Sattels. 7. Jahresber. Niedersächs. geol. Ver., S. 270ff., spez. Kap. IX.

recht verschieden, und besonders sind zwei große Gruppen zu unterscheiden<sup>1)</sup>, nämlich

1. Horste und Gräben rein orogenetischer Entstehung:

Undulationshorste und Undulationsgräben.

2. Horste und Gräben, die im wesentlichen epirogenetischer Entstehung sind, die allerdings die durch den Begriff Horst und Graben erforderliche Umrandung durch Brüche erst nachträglich, und zwar in den orogenetischen Phasen, erhalten haben:

Undationshorste und Undationsgräben.

**2. Undulationshorste und Undulationsgräben.**

(Schollenhorste und Schollengräben.)

Undulationshorste und Undulationsgräben sind Begleiterscheinungen der Bruchfaltung, z. B. der saxonischen, und können darum auch als »Faltungsgräben« und »Faltungshorste« bezeichnet werden. Die Horste sind in der ganz überwiegenden Zahl der Fälle durch Brüche modifizierte Sattelkerne (»Sattelhorste«), in Ausnahmefällen auch einmal Schollen älterer Schichten, die durch lokale Komplikationen außerhalb der Sattellinien in jüngere Umgebung gelangt sind (vgl. z. B. die »Grabenhorste« Hessens). — Die Gräben sind in ihrer allergrößten Zahl durch Bruchbildung modifizierte Mulden (»Muldengräben«), in Ausnahmefällen Einstürze oder Einpressungen außerhalb der Mulden, z. B. in Sattelspalten (»Sattelgräben«) oder Querbrüche (»Quergräben«), die bei der Faltung aufreißen. Undulationshorste und Undulationsgräben sind zwar ganz besonders charakteristische Erscheinungen der inkongruenten saxonischen Faltung (Dejektivgräben des niederhessischen und Ejektivhorste des nordhannoverschen Typus), finden sich aber auch recht häufig bei der kongruenten Faltung ein, denn auch hier umgrenzen sich häufig die Sattel- und Muldenkerne mit Verwerfungen und rufen dadurch die Erscheinungen eines Horstes (*H* in Fig. 3) oder eines Grabens (*G* in Fig. 3) hervor.

Für die Undulationshorste und Undulationsgräben erscheinen mir die Bezeichnungen »Schollenhorste« und »Schollengräben« deswegen einigermaßen treffend, weil diese Bezeichnungen — gerade im Gegensatz zu den Horsten und Gräben undatorischer Entstehung (s. unten) — zum Ausdruck bringen, daß es sich nur um Teilstücke (Schollen) aus einer größeren Einheit gleicher geologischer Vorgeschichte handelt. Besondere Formen sind die »injektiven« Schollengräben und Schollenhorste und der extremste Fall der letzteren ist der »Salzstock«.

<sup>1)</sup> Auf die Unterscheidung epirogenetischer »Undationshorste« und orogenetischer »Undulationshorste« habe ich schon in dem obenerwähnten Aufsätze über die »Saxonische Faltung« hingewiesen.

### 3. Undationshorste und Undationsgräben.

(Schwellenhorste und Beckengräben.)

Undationshorste (»Schwellenhorste«) sind Schwellen epirogenetischer (säkulärer) Entstehung, entlang deren Rändern in späterer Zeit Verwerfungen aufgerissen sind; so wurden die Schwellen zu »Schwellenhorsten« umgeformt.

Undationsgräben (»Beckengräben« oder »Grabenbecken«) sind Senken von geosynklinalen Charakter, — d. h. also Regionen säkularer epirogenetischer Senkung —, die sich in den orogenetischen Phasen mit Brüchen umzogen haben.

Das Aufreißen der Verwerfungen ist aber in der Geschichte und im Gesamtbilde dieser Horste und Gräben gegenüber den undatorischen Vorgängen eine so unbedeutende Erscheinung, daß sich die Bezeichnung »Undationshorste« und »Undationsgräben« wohl rechtfertigt.

Die Schwellenhorste und Beckengräben waren also schon vor den Perioden der Faltung und Bruchbildung tektonische Hoch- bzw. Tiefen zonen gegenüber ihrer Nachbarschaft, die Schollenhorste und Schollen gräben sind es erst in diesen Perioden geworden. Daß aber die Randverwerfungen der Schwellenhorste und Beckengräben nachträgliche Zutaten zu den präexistierenden Schwellen und Becken und nicht die Ursache der Hebungen und Senkungen derselben sind, läßt sich im Boden Deutschlands deshalb so einwandfrei beweisen, weil hier die Randzonen alter Meeresbecken unter besonders günstigen Verhältnissen genauer Beobachtung zugänglich sind und gerade über das Alter der Verwerfungen ein gesichertes Urteil infolge besonders günstiger Fälle transgredierender Lagerung möglich ist. Die Rheinische Masse erhob sich als alte Schwelle schon in der Zechsteinzeit über die östlich von ihr liegende Hessische Senke und über das nordöstlich und nördlich liegende Niederdeutsche Becken und sie ist heute von einem Bruchsysteme umsäumt, das ihr den Charakter als »Horst« verleiht. Diese Randbrüche sind aber nicht entstanden in den Zeiten der starken Absenkungen, in denen im Niederdeutschen Becken und zum Teil auch in der Hessischen Senke der Ozean wogte oder festländische Sedimentation vor sich ging, — denn dann müßten sie in den Lagerungsformen und Verbandsverhältnissen der permisch-triadisch-jurassischen Schichten zum Ausdruck kommen, — sondern, wie sich an der Nordostecke der Rheinischen Masse so ausgezeichnet nachweisen läßt, erst im Ausgange der Jurazeit und vor Ablagerung der Kreide, d. h. in einer der großen orogenetischen Phasen der saxonischen Faltung; zum Teil sind sie dann in späteren Faltungsphasen nochmals aufgerissen.

Gehen wir in andere Randzonen der alten Becken, z. B. zum Westrande der Böhmisches Masse, so sprechen dort die Lagerungs- und Verbandsverhältnisse der Schichten gegen jegliche jungpaläozoisch-triadisch-älterjurassische Verwerfung, d. h. auch hier hat die Beckenabsenkung

der damaligen Zeiten unabhängig von Verwerfungen stattgefunden, — und am Ende ergibt sich aus allen derartigen Einzelfeststellungen die gesicherte Erfahrung, daß die fossilen deutschen Meere nicht eingebrochen sind, sondern sich ohne Mitwirkung von Brüchen als Synklinalen großer Spannweite säkular eingesenkt haben. Diese gesicherte Erfahrung, die wir in die Formel

»Erst (säkuläre) Senkung, dann Bruch«

kleiden können, steht allerdings in stärkstem Widerspruche zu dem, was wir sonst in der geologischen Literatur, über die Entstehung und Fortbildung der Meeresbecken zu lesen pflegen und was hinauskommt auf die Formel

»Erst Bruch, dann Senkung«.

»Die Einbrüche sind es, welche die Wässer in tiefen Weltmeeren gesammelt haben«, so sagt SUESS 1885 im Schlußabsatze des ersten Bandes des »Antlitzes der Erde«, und dieser Gedanke erscheint auch in den späteren Bänden dieses Fundamentalwerkes der synthetischen Erdforschung immer wieder, so auch noch im Schlußkapitel des 1912 erschienenen letzten Bandes, wo es dann weiter heißt (S. 720), daß »überhaupt, mit Ausnahme von Buchten in Riasküsten, kein Meeresteil bekannt ist, der durch lateralen Druck als Synklinale erzeugt wäre«. Ich komme darauf an anderer Stelle zurück, denn eine befriedigende allgemeinere Auseinandersetzung über diese Dinge ist erst möglich, nachdem gewisse grundlegende Gesetze der Undation behandelt sein werden.

Nur auf das Hauptargument, das SUESS (vgl. u. a. Antlitz III, Bd. 2, S. 690) als Beweis für die Entstehung der Meeresbecken durch Einbruch bringt, sei deshalb hier kurz eingegangen, weil es mit der gleichen Beweiskraft, die es an anderer Stelle haben soll, auch auf die Entstehung der alten deutschen Meeresbecken anwendbar wäre. »Die Begründung ergibt sich aus den die Struktur durchschneidenden Umrissen der atlantischen Horste, dem Abbrechen ganzer Faltenzüge und dem nicht seltenen Vortreten pflanzenführender Schichten an die Ufer«, so heißt es bei SUESS. Durchschneiden nicht auch die Umrisse der alten deutschen Becken die Struktur der Horste weithin in genau so scharfer Weise wie etwa der Rand des Atlantischen Ozeans die Struktur der Meseta an der Ostküste der Iberischen Halbinsel oder diejenige der Bretonischen Masse abschneidet? Brechen die variscischen Faltenzüge nicht an dem alten West-, Ost- und Nordostrande der Rheinischen Masse ebenso ab, wie die armorikanischen Falten an den heutigen atlantischen Küsten? Traten nicht pflanzenführende Schichten des Karbons im jüngsten Paläozoikum und Mesozoikum in Nordwestdeutschland ebenso an das Meer heran, wie heute noch die von SUESS so oft im Zusammenhange mit der Entstehung des Indischen Ozeans erwähnten Gondwanaschichten des südöstlichen Afrikas? Aber trotz



des Zutreffens der SUESSschen Argumente waren die durch Küsten von durchaus »atlantischer« Struktur umsäumten deutschen fossilen Meere nicht eingebrochen, sondern bruchlos eingesunken. Wenn die Argumente aber hier keine beweisende Kraft haben, so kann man die beweisende Kraft auch an anderer Stelle nicht anerkennen. Daß sich der Strand der fossilen deutschen Meere weithin senkrecht und schief zu den alten Falten einstellte, erklärt sich durch ganz andere Verhältnisse, nämlich durch die Neuorientierung der nachvariscischen Undation, und deren Gründen müssen wir nachgehen, um das zu deuten, was im Sinne von SUESS die Entstehung der Meeresbecken durch Einbruch beweisen soll.

#### 4. Unterscheidung von Horsten und Gräben undatorischer und undulatorischer Entstehung.

Ob nun ein Graben oder Horst ein undatorisches oder undulatorisches Gebilde ist, muß im allgemeinen aus seiner und seiner Umgebung Vorgeschichte abgeleitet werden. Fällt der Graben annähernd mit einem alten Sedimentationsraume oder fällt der Horst annähernd mit einer alten Schwelle zusammen, so handelt es sich um undatorische Gebilde; sind die Gräben und Horste aber nur kleine Teile eines größeren Schichtensystemes mit übereinstimmender Vorgeschichte, so handelt es sich um Gebilde undulatorischer Art. Alle die kleinen Horste und Gräben inmitten der saxonischen Faltungsfelder sind natürlich orogenetischer Entstehung, während die Horste und Gräben epirogenetischer Abkunft weit größerer Einheiten zu sein pflegen.

In den Randzonen der Beckengräben wird sich im allgemeinen die ehemalige Nähe der Festlandschwelle im Auskeilen oder in der verminderten Mächtigkeit oder in den lithologischen und sonstigen faziellen Verhältnissen oder in den Lagerungsformen wenigstens einzelner der stratigraphischen Horizonte zu erkennen geben. Immerhin wird in manchen Fällen die Entscheidung, ob ein orogenetisches oder ein epirogenetisches Gebilde vorliegt, nicht ganz leicht sein. Sie hat sich dann auf sorgfältigste Studien stratigraphisch-fazieller Art, wie sie z. B. der durch den Tod für das Vaterland leider uns so früh entrissene TH. BRANDES über den norddeutschen Lias in vorbildlicher Weise angestellt hat, zu gründen. Wo heute der »Horst« des Sollings liegt, befand sich nach BRANDES zur Liaszeit schon eine Sollinginsel und etwa entlang dem Nordrande dieser lag ja auch durch lange Zeiten der Erdgeschichte das Niedersächsische Ufer. Und so ist der Solling ein Schwellenhorst, — allerdings nur in Beziehung auf sein nördliches und zum Teil auch auf ein östliches und westliches Vorland. Er ist nämlich der nördlichste Ausläufer der Buntsandsteingebiete Niederhessens, die wieder ein Senkungsfeld gegenüber der Rheinischen Masse darstellen. Eine Absenkung der Hessischen Senke gegenüber der Rheinischen Masse



und die Absenkung des Niederdeutschen Beckens gegenüber der Hessischen Senke, — das sind die Tatsachen, die uns den Solling einerseits als Teil eines großen Senkungsfeldes und gleichzeitig als Horst gegenüber einer tieferen Senkung erklären. Die Hessische Senke ist in ihrer Gesamtheit ein undatorisches Grabenfeld oder wenigstens der Teil eines solchen. Schon zur Zechsteinzeit deutete sich die heutige Zone ihres Abbruches gegen die Rheinische Masse als Randzone einer Senke gegen eine Schwelle an. Im Jura vermittelte die Hessische Senke die letzten Verbindungen zwischen dem süddeutschen und dem norddeutschen Meere und im Tertiär, speziell im Oligozän, schob sich in ihr das Nordmeer wieder weit südwärts vor. Das große undatorische Senkungsfeld wird nun durch die schmalen hessischen Gräben durchzogen, die undulatorischer Entstehung sind. Ein und derselbe orogenetische Vorgang hat einerseits die Senke in ihrer Gesamtheit aus einem

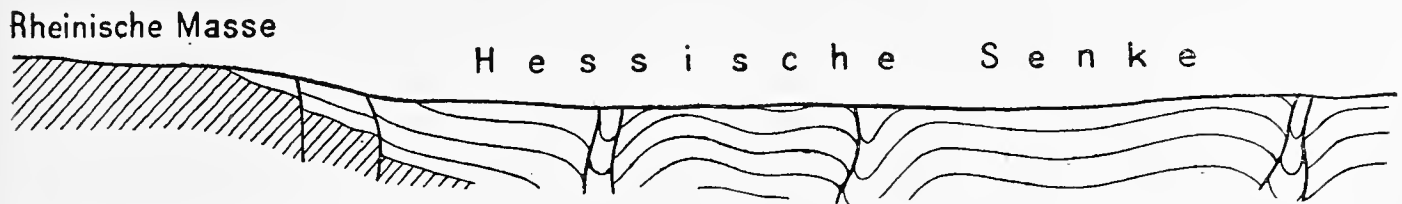


Fig. 15. Schmale (undulatorische) »Schollengräben« in einem weiten (undatorischen) »Beckengraben«.

Becken undatorischer Entstehung zu einem großen »Beckengraben« umgestaltet und andererseits, indem der flachgründige Inhalt der Senke nach dem dejektiven Typus ganz schwach gefaltet wurde, die schmalen niederhessischen »Schollengräben« innerhalb des »Beckengrabens« geschaffen.

##### 5. Hebung und Senkung bei der Entstehung der Horste und Gräben.

Die Begriffe Horst und Graben sind zunächst nur relativ zu verstehen; die durch sie bezeichneten Gebilde sind gehoben oder gesunken gegenüber ihrer Nachbarschaft. Ob nun tatsächlich oder doch wenigstens in Beziehung auf den einzigen uns verfügbaren Pegel, nämlich den Spiegel des Ozeans, Hebung oder Senkung eingetreten sei, mag noch kurz erörtert werden. Was die Horste anlangt, so sind sie ja von SUESS durch Senkung ihrer Umgebung, von DE LAPPARENT, VAN WERVECKE u. a. durch eigene Hebung erklärt worden.

Die Horste und Gräben undulatorischer und diejenigen undatorischer Entstehung müssen wir scharf auseinander halten.

Undulationshorste (Schollenhorste) und Undulationsgräben (Schollengräben) entstehen unter eigener Aufwärtsbewegung, und bei den Undulationsgräben liegt eben nur ein relatives Zurückbleiben, vergleichbar in diesem Sinne dem Zurückbleiben der Mulde gegenüber dem Sattel in einer unter orogenetischem Druck aufsteigenden Faltungszone, vor.

Die Undationshorste (Schwellenhorste) werden in der ersten und längsten und bedeutungsvollsten Phase ihrer Geschichte (als Schwellen) gehoben unter gleichzeitiger Senkung ihrer Umgebung; in der kurzen zweiten Phase ihrer Umgestaltung zu »Horsten« scheinen sie ihr Niveau zum ozeanischen Spiegel einigermaßen beizubehalten<sup>1)</sup>, während die angrenzenden Senken, wenigstens in den Randzonen, aufsteigen, wenn auch nicht so stark, daß ihre vorangegangene (säkuläre) Senkung wieder ausgeglichen würde.

Die Undationsgräben (Beckengräben) sinken in der ersten und längsten Phase ihrer Entstehung (als Becken) ein, heben sich aber bei der Umformung zu Beckengräben wenigstens in ihrer Randzone gegenüber ihren Rahmen wieder um einen gewissen Betrag heraus. Ich wies schon früher einmal auf das zunächst etwas paradox klingende Resultat hin<sup>2)</sup>, daß unsere großen Becken undatorischer Entstehung zu »Gräben« nicht durch einen Akt der Senkung gegenüber den großen Horsten geworden sind, sondern durch einen Akt der Hebung.

Douai, im Dezember 1916.

---

<sup>1)</sup> Jedenfalls ist ihre Hebung unbedeutend im Vergleiche zu derjenigen der angrenzenden Randzonen der Becken.

<sup>2)</sup> Saxonische »Faltung«, l. c.

## II. Besprechungen.

### Die Geologie von Neuseeland.

Von **Otto Wilckens** (Straßburg i. E.).

#### Literatur.

1. J. PARK, The Geology of New Zealand. An Introduction to the Historical, Structural and Economic Geology. 488 S., 145 Abb., 27 Taf., 1 geol. Karte. 1910.

2. P. MARSHALL, New Zealand and Adjacent Islands. Handbuch der regionalen Geologie, herausgegeben von G. STEINMANN und O. WILCKENS. 5. Heft (Band VII, 1). 78 S., 18 Abb. 1911.

3. P. MARSHALL, Geology of New Zealand. 218 S., 112 Abb., 1 geol. Karte. 1912.

Sonst noch benutzte Literatur ist jeweils aufgeführt.

Über Neuseeland gibt es eine leidlich umfangreiche geologische Literatur<sup>1)</sup>, auch hat das Land verhältnismäßig früh eine geologische Landesanstalt erhalten, die nach einer längeren Unterbrechung in neuerer Zeit wieder ins Leben gerufen ist und recht hübsche Beschreibungen einzelner Gebiete veröffentlicht hat. Nunmehr sind auch in kurzen Zeitabständen die drei obengenannten zusammenfassenden Darstellungen der Geologie Neuseelands erschienen. Nach Anlage, Umfang und Ausstattung sind sie sehr verschieden und keine macht die andere entbehrlich. Was aus allen drei Büchern deutlich hervorleuchtet, das ist die große Unsicherheit, die noch immer in der Beantwortung vieler Fragen der neuseeländischen Geologie herrscht, namentlich bezüglich der Stratigraphie. Hieran ist teils der Mangel an Versteinerungen, teils das Fehlen der paläontologischen Bearbeitung derselben schuld. Neuseeland ist so reich an nutzbaren Lagerstätten, namentlich von Gold und Kohlen, daß sich die einheimischen Geologen mit Vorliebe der Untersuchung dieser Vorkommen zugewandt haben. Ein wissenschaftliches Werk wie das der Novara-Expedition ist nie wieder über Neuseeland erschienen, und die bildliche Darstellung der Versteinerungen in PARKS Buch ist meist nur eine Wiedergabe der Tafeln aus dem Novara-Werk sowie der sehr einfachen Abbildungen HECTORS aus dem Katalog zur »Indian and Colonial Exhibition London 1886«. Wie groß die Verschiedenheit zwischen PARKS und MARSHALLS Angaben über die Schichtfolge sind, erkennt man leicht aus der Gegenüberstellung beider:

<sup>1)</sup> »Die geologische Literatur über Neuseeland bis zum Jahre 1907, zusammengestellt von O. WILCKENS.« N. Jahrb. f. M. G. P. 1909. II. 265—332 — und »Additions to WILCKENS' catalogue up to 1910« in P. MARSHALL, New Zealand and adjacent Islands (s. oben), S. 70—71.

PARK 1910		MARSHALL 1911 u. 1912	
—	Archäikum	Manapouri-System	
Manapouri-System	{	Cambrium	—
		Unt. Silur	Aorere-System
		Ob. Silur	}
Devon	Baton River-System		
—	Carbon	—	
Te Anau-System	Carbon	—	
Hokonui-System	{	Perm	—
		Trias	}
		Jura	
Amuri-System	Kreide	}	
Karamea-System	Alttertiär		Oamuru-System
Wanganui-System	Jungtertiär	Wanganui-System	
Pleistocän	Diluvium	Pleistocän	
Recent	Alluvium	Recent	

Die Unstimmigkeiten zwischen beiden Verfassern betreffen einmal die Stellung großer Schichtkomplexe, besonders die der Maitaischichten, die nach PARK ein Teil des Te Anau-Systems und damit Carbon sind, nach MARSHALL zum Maitai-System und damit zu Trias-Jura gehören. Sodann betreffen sie die Benennung der Systeme, indem nur für das Manapouri- und für das Wanganui-System von beiden Verfassern derselbe Name gewählt wird, sonst aber überall verschiedene, wobei aber das Manapouri-System auch verschieden begrenzt wird. Die farbigen geologischen Karten, die PARK und MARSHALL (3) geben, bieten denn auch ein sehr verschiedenes Bild; nur in den größten Zügen stimmen sie überein. Folgende Gesteinsgruppen sind mit besonderer Farbe ausgeschieden:

## MARSHALL:

Pleistocene and Recent  
 Wanganui (Pliocene)  
 Oamaru (Cainozoic)  
 Hokonui (Jurassic)  
 Maitai (Triassic)  
 Baton River (Silurian)  
 Aorere (Ordovician)  
 Metamorphic Schists  
 Manapouri (Archaeon?)  
 Granite (Intrusive Post-Triassic?)  
 Rhyolite (Miocene and later)  
 Andesites, Basalts etc. (Miocene and later)  
 Peridotites (Intrusive Post-Triassic)

## PARK:

Recent and Pleistocene  
 Pliocene to Upper Eocene  
 Upper Cretaceous  
 Permo-jurassic  
 —  
 Ordovician to Carboniferous  
 —  
 Cambrian  
 —  
 Basic and Semibasic Volcanic Rocks  
 Acidic Volcanic Rocks  
 —  
 —

Es muß erwähnt werden, daß die Unterscheidung der Formationen auf MARSHALLS Karten mit der in MARSHALLS Text nicht ganz übereinstimmt, insofern als MARSHALL an letzterer Stelle die metamorphen Schiefer zu Trias-Jura zieht und den Jura nicht besonders als Hokonui abtrennt. Es möge ferner gleich hier erwähnt werden, daß die beiden Karten im Verlauf der geologischen Grenzen derartige Verschiedenheiten zeigen, daß man es manchmal unbegreiflich finden muß. Einiges davon sei hier aufgeführt: die Ausdehnung der Trias in der Kette der Nordinsel sowie in der Coromandelhalbinsel, die Verbreitung der vulkanischen Gesteine am Mt. Egmont, die Ausdehnung der Eruptivgesteine im NW.-Sporn der Nordinsel und in der Gegend westlich von Oamaru. Das sind Dinge, in denen eigentlich doch Übereinstimmung herrschen müßte, wenn nicht auf der einen oder der anderen Karte Fehler sind. Daß die gebirgigen Teile der Südinsel auf den beiden Karten ganz verschiedene Bilder liefern, ist weniger verwunderlich. Wir kommen auf diesen Punkt noch zurück.

Die einheimischen neuseeländischen Geologen betonen gern, daß man die Reihe der geologischen Formationen ihres Landes nicht in das in Europa entstandene stratigraphische Schema einzwängen dürfe. Dem kann man beistimmen, soweit nicht darin der Verzicht liegt, das Alter der neuseeländischen Schichtgruppen auf das internationale Schema der Formationen zu beziehen. Dies letztere ist selbstverständlich unumgänglich nötig, wenn man sich über das Alter der neuseeländischen Gesteine verständigen und die Ereignisse in den einzelnen Perioden der Erdgeschichte, soweit sie sich im westlichen Pazifik abgespielt haben, mit denen in der übrigen Welt vergleichen und verknüpfen will. Nicht angängig ist es daher, wenn Oberkreide und Tertiär, wie MARSHALL es tut, in einem einzigen »Oamaru-System« vereinigt werden.

Hier wie bei einigen anderen Formationsbegrenzungen spielt die Unterschätzung eine große Rolle, mit der die einheimischen neuseeländischen Geologen die Erosionsdiskordanzen behandeln. Es wird behauptet, daß die Waipara- und die Oamaruschichten völlig konkordant aufeinander ruhen. Nirgends sei eine Diskordanz zu beobachten. Aber wenn auch eine Dislokationsdiskordanz nicht vorhanden ist, so kommen doch in den erstgenannten Schichten typische Vertreter der mesozoischen Tierwelt, in den letztgenannten typische tertiäre Fossilien vor. Deshalb dürfen trotz der Lagerungsverhältnisse die beiden Komplexe nicht vereinigt werden; der eine ist Oberkreide, der andere Alttertiär.

Nicht einverstanden sind wir ferner mit der Belegung von Unterabteilungen der Systeme mit den Namen der Systeme, z. B. Unterabteilung Te Anau-Serie des Te Anau-Systems.

### I. Stratigraphie.

Das Bild, das sich aus den Büchern von PARK und MARSHALL von der neuseeländischen Stratigraphie ergibt, ist etwa folgendes:

Als älteste Gesteine der Insel gelten die Tiefengesteine des Manapouri-Systems, die den südwestlichen Teil der Südinsel, das sogenannte Fjordland, bis zum Te Anau-See sowie den südlichen Teil der Stewartinsel aufbauen. Diese Gesteine, die z. T. gneisartige Eigenschaften haben, sind vorwiegend dioritisch. Der Dioritgneis führt oft Granat, enthält manchmal Amphibolitmassen. Sonst kommen noch Pyroxengranulit und Granitgneis, auch Marmor (am Caswell Sound und Hall's arm des Doubtful Sound) vor. An der Anita-Bay am Eingang des Milford Sund findet sich eine Zone ultrabasischer Gesteine (Dunit, Harzburgit).

Das Gebiet dieser Manapourigesteine ist stark bewaldet, sehr gebirgig, außerordentlich regenreich, arm an Siedelungen und daher geologisch sehr wenig erforscht. Der Verband mit den Nachbargesteinen ist unbekannt, die große Verwerfung, die nach HUTTON das ganze Gebiet gegen Osten begrenzen soll, nicht nachgewiesen. Die älteren Schätzungen der Mächtigkeit dieser Gesteine sind natürlich unbrauchbar, da es sich offenbar ganz vorwiegend um Gesteine eruptiven Ursprungs handelt. Das Manapouri-System ist als Archäikum, Präcambrium und Cambrium angesprochen worden. Die Altersbestimmung ist aber schwierig, etwa so wie bei unseren Schwarzwaldgneisen.

Die älteste fossilführende Formation von Neuseeland ist Untersilur mit Graptolithen. Es findet sich im äußersten Südwesten der Südinsel am Preservation Inlet und, besser bekannt, im äußersten Nordwesten in der Provinz Nelson. Hier, in der Nähe des West-Wanganui-Inlet, sind die Graptolithenschiefer (welche Formen wie *Bryograptus Lapworthi* RUEDEM., *Dichograptus octobrachiatus* HALL, *Didymograptus extensus* HALL, *D. nitidus* HALL, *D. nanus* LAPW., *Goniograptus perflexilis* RUEDEM., *G. geometricus* RUEDEM., *Loganograptus logani* HALL, *Phyllograptus anna* HALL, *Ph. typus* HALL, *Tetragraptus amii* ELLES and WOOD, *T. bigsbyi* HALL, *T. quadribrachiatus* HALL führen) mit Grauwacken und Quarziten verknüpft. Nach Osten folgen Schiefer und in diesen Schiefen liegen weiße und graue Marmore. Fossilien fehlen. Das in den Silurschichten steckende Granitmassiv der Gouland Downs (nördlichster Teil der Südinsel) besitzt einen schönen Kontakthof mit Chiaistolith- und Cordieritschiefern. MARSHALL nennt die Gesteinsreihe, in der die Graptolithenschiefer liegen (SHAKESPEAR parallelisiert dieselben mit den mittleren Skiddaw Slates Englands), das Aorere-System, PARK bezeichnet sie als Kakanui-Serie seines Manapouri-Systems.

Am Baton River, 64 km von der Fundstelle des graptolithenführenden Untersilurs entfernt und von diesem durch ein stark bewaldetes Bergland getrennt, finden sich in einem bläulichen tonigen Kalkstein Fossilien, unter denen MC KAY u. a. folgende anführt: \**Calymene Blumenbachi*, \**Homalonotus Knightii*, \**Murchisonia terebralis*, *Avicula lammoniensis*,



*Pterinaea spinosa*, *Spirifer radiatus*, \**Rhynchonella Wilsoni*, *Stricklandia lyrata*, *Atrypa reticularis*, *Strophomena corrugatella*, *Chonetes striatella*, zahlreiche Korallen. Die mit \* bezeichneten Formen kommen auch bei Reefton (Lokalität »Lanky Gully«), 113 km weiter südlich, vor; außerdem werden von hier *Spirifer vespertilio* und *Homalonotus expansus* angegeben.

Die Schichten vom Baton River und von Reefton werden von PARK als »Wangapeka Series« bezeichnet und mit HUTTON ins Obersilur gestellt, MARSHALL nennt sie »Baton River-System« (»Siluro-Devon«). Ehe eine zuverlässige paläontologische Untersuchung der Fossilien vorliegt, muß ein Urteil über das genauere Alter dieser Vorkommen zurückgestellt werden.

Nach MARSHALL gibt es kein Carbon auf Neuseeland. PARK dagegen betrachtet als solches das »Te Anau-System« mit den »Matai-« und den »Te Anauschichten«. Es handelt sich hier um die Gesteine, die in Otago beiderseitig den NW.—SO. streichenden Sattel kristalliner Schiefer begleiten, von dem noch die Rede sein wird (S. 148), und um die, die in Collingwood (Nelson) das eben besprochene Obersilur überlagern, sowie um die »Maitaischichten«, die längs der NW.-Seite der Zone basischer Eruptivgesteine in Nelson hinziehen. Der Name Maitaischichten stammt von HOCHSTETTER; PARK selbst hat diese Gesteine zwischenweilig wegen des angeblichen Vorkommens von *Inoceramus* in den Jura gestellt. Wenn nicht Maitai- und Te Anauschichten identisch sind, so sind sie nach PARK die obere und die untere Abteilung der Steinkohlenformation. Selbstverständlich kann die sichere Altersbestimmung dieser Schichtkomplexe nicht aus ihrem Verbands mit dem Liegenden und dem Hangenden, sondern nur nach ihrem Fossilinhalt erfolgen. Nach MCKAY kommen im »Maitaikalk« der Wairoaschlucht u. a. *Spirifer bisulcatus*, *Sp. glaber*, *Productus brachythaerus* vor. Sind die Bestimmungen richtig, so würde hier Carbon vorliegen. MARSHALL hält die Maitaischichten der Südlichen Alpen für mesozoisch. Die der Umgebung des Peridotitzuges in Nelson sind es nach neueren Untersuchungen sicher<sup>1)</sup>.

Auf völlig sicherem Boden befindet man sich eigentlich erst wieder bei der Trias. Diese ist in Neuseeland durch Fossilfunde einwandfrei festgestellt und spielt im gefalteten Gebirge beider Inseln eine wichtige Rolle. Die Versteinerungen sind, abgesehen von den wenigen, die wir durch ZITTELS Darstellung im Novara-Werk kennen, noch unbeschrieben. So läßt sich noch nicht genau sagen, welche Stufen vertreten sind. Kalke fehlen ganz; die triadischen Sedimente sind Sandsteine, Schiefer, Grauwacken und Konglomerate, letztere manchmal mit viel Geröllen eines auf Neuseeland auf ursprünglicher Lagerstätte nicht vorkommenden Granites. Ein wichtiges Fossil in der Trias der Kette der Nord- und

<sup>1)</sup> New Zealand Geological Survey Bulletin No.12 (New Series).

der Südinsel, soweit die fossilarme Flyschfacies der Trias vorherrscht, ist die *Terebellina Mc Kayi*, eine Wurmschale. BATHER und JAWORSKY haben sie beschrieben<sup>1</sup>). Diese Versteinerung ermöglicht die Altersbestimmung dieser Gesteine sowie der isolierten Vorkommen gefalteter Sedimente im westlich der Kette (»Ruahinezug« E. SUESS) gelegenen Teil der Nordinsel, die früher als paläozoisch bezeichnet wurden, wie es auch im Antlitz der Erde (Bd. II, S. 181—187, Bd. III, 2, S. 359) geschieht. Leider fossilieer sind die mächtigen Sandsteine, Grauwacken und Schiefer, die den Hauptteil der Südlichen Alpen und ihre größten Bergriesen, wie z. B. den Mount Cook, aufbauen. PARK betrachtet sie als Perm, weil sie unter der sicheren Trias liegen; aber es fehlen die Beweise für diese Altersbestimmung. MARSHALL stellt diese Gesteine sowie das angebliche Carbon der Südlichen Alpen in sein »Maitai-System (Trias-Jura)«, PARK nennt sie Aorangi-Serie und betrachtet sie als älteste Abteilung seines Hokonui-Systems. Da die Gesteine des Ruahinezuges mit denen der Südlichen Alpen Ähnlichkeit haben, könnte man vielleicht das triadische Alter als wahrscheinlich annehmen. Im »Antlitz der Erde« sind sie paläozoisch genannt, was mit PARKS Bestimmung gleichkäme.

Sehr viel weiter auseinander als über diese Formation gehen die Meinungen über die Glimmer- und andern kristallinen Schiefer, die das Gebiet zwischen Wakatipu- und Ohau-See, Molyneux Bay und Kakanui-Mündung<sup>2</sup>) aufbauen und die Zone der eben besprochenen schiefrigsandigen Gesteine der Südlichen Alpen teilen. Der Glimmerschiefer ist in dieser Region das häufigste Gestein, in geringerer Verbreitung finden sich Chlorit-, Aktinolith-, Biotit- und Granatschiefer. Auf MARSHALLS (2) Karte erscheint diese Zone mit der Bezeichnung »metamorphe Schiefer« an der Ostküste der Südinsel südlich von der Otago Peninsula, streicht breit durch Otago in nordwestlicher Richtung, ohne die Westküste zu erreichen, biegt jenseits der Wasserscheide unter ganz außerordentlicher Verschmälerung nach NO. um und erreicht, nachdem sie als schmale Zone das Faltengebirge durchlaufen hat und einmal ganz unterbrochen ist, an Ausdehnung wieder etwas gewachsen am Pelorussund die Cookstraße. Wegen des Fehlens aller Diskordanzen und wegen allmählicher Übergänge betrachtet MARSHALL diese kristallinen Schiefer als metamorphe Trias und in (2) wird auf der geologischen Karte der Südinsel (S. 54) die ganze Breite der Südlichen Alpen als »metamorph, wahrscheinlich Maitai« bezeichnet. Anders PARK. Die breite Schieferzone in Otago teilt er. Der mittlere Teil wird auf der Karte mit derselben Farbe wie das Gneisland des Südwestens angegeben und wie diese in die

<sup>1</sup>) F. A. BATHER, The Mount Torlesse Annelid. Geol. Mag. 1905. S. 532. — E. JAWORSKY, Die systematische und stratigraphische Stellung von *Torlessia Mackayi* BATHER (= *Terebellina*) von Neuseeland. Zentralbl. f. Min., Geol., Pal. 1915. S. 504—512.

<sup>2</sup>) Nach MARSHALL (2, S. 17); aber weder auf MARSHALLS (3) noch auf PARKS Karte reicht die Zone östlich bis an den Ohausee heran, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß PARK diese kristalline Zone noch zerlegt.

Maniototo-Serie des Manapouri-Systems gestellt. Diese Zone streicht erst nordwestlich und biegt dann unter starker Verschmälerung in den Südlichen Alpen nach NO. um. Im Norden, vom Brunner-See ab, läuft bei PARK diese Zone aber nicht nordöstlich zum Pelorus-Sund (wie bei MARSHALL), sondern nordnordöstlich zur Golden Bay. Die Gesteine in dieser Gegend sind nach MARSHALLS Karte posttriadische (?) Granite. Solange diese Zone in Otago SO.-NW.-Streichen besitzt, wird sie nach PARK beiderseits von halbmetamorphen sandigen und tonigen Glimmerschiefern, schiefrigen Grauwacken, Phylliten und Quarziten der Kakanui-Serie (Untersilur) begleitet. Wo die kristalline Zone sich verschmälert und nach NO. umbiegt, wird die östliche Kakanuizone plötzlich abgeschnitten, während die westliche sich, mit Unterbrechungen, fortsetzt. Das plötzliche Aufhören dieser breiten Zone an einer Linie, die quer über das Streichen verläuft und ihr Ersatz durch mesozoische Schichten ist etwas unwahrscheinlich und bietet auf der PARKSchen Karte ein sehr auffallendes Bild. Die Gesteine in Nelson, die bei MARSHALL als nordöstlichste Ausläufer der kristallinen Zone betrachtet werden, gehören bei PARK der vom Lake Brunner ab plötzlich wiedererscheinenden östlichen altpaläozoischen Zone an. Wenn PARKS Karte richtig wäre, so müßte sein Permo-Jurassic der Kaikouras und der Südlichen Alpen mit seiner langen NW.- und seiner kürzeren SW.-Grenze an einem riesigen Bruch gegen das ältere Gebirge im NW. und SW. abstoßen. Aber davon wird nichts erwähnt. Offenbar ist die Abtrennung der einzelnen Formationen nicht richtig.

Die neuseeländischen Geologen sind bezüglich des Alters der metamorphen Schiefer von Otago und der Südlichen Alpen zu sehr verschiedenen Ergebnissen gelangt. Das Problem ist noch ungelöst.

Jura ist in Neuseeland durch Fossilien belegt. PARK rechnet zu ihm die Putataka- und die Matauraschichten; erstere sind marin, letztere reich an Pflanzenresten. Paläontologisch beschrieben sind nur die wenigen Arten im Novara-Werk, nach denen HAUER und ZITTEL das genauere Alter zu bestimmen nicht in der Lage waren. Diese Versteinerungen stammen vom Kawhiahafen an der Westküste der Nordinsel und von der nördlich davon gelegenen Mündung des Waikatoflusses. Außerdem hat HECTOR Belemniten beschrieben. FRASER und ADAMS fanden in den gefalteten Gesteinen der Hauraki-Halbinsel bei Manaia nahe Coromandel *Inoceramus Haasti* und Belemniten<sup>1)</sup>. PARK rechnet auch die Sandsteine und Grauwacken des Ruahinezuges wegen des Vorkommens von *Torlessia* (= *Terebellina*) *McKayi* BATHER sp. zum Jura; während wir sie lieber mit JAWORSKY zur Trias stellen. Auf der Südinsel findet sich mariner Jura im Süden in einer Zone, die an der Südküste von Fortrose bis zum Catlins River reicht und von hier nordwestlich durch die Hokonui Hills streicht. Es sollen in diesem Gebiete verschiedene

<sup>1)</sup> C. FRASER and J. H. ADAMS, The Geology of the Coromandel Subdivision, Hauraki, Auckland. N. Z. Geol. Surv. Bull. 4 (N. S.). 1907. S. 49—50.

Abteilungen des Jura unterscheidbar sein; aber daß hier die paläontologische Grundlage fehlt, sieht man daraus, daß unter den Versteinerungen der einen *Inoceramus labiatus* SCHL. angeführt wird. Die pflanzenreichen Matauraschichten schließen nach PARK die jurassischen Ablagerungen nach oben ab. Sie führen *Macrotaeniopteris lata* HECTOR und kommen nach PARK bei Kawhia, in den Clent Hills in Canterbury, in den Hokonui Hills und an anderen Orten vor. An der Curiobay an der Südküste der Südinsel bei Waikawa liegt die rezente Meeresterrasse in einer Schichtfläche der jurassischen Ablagerungen und aus dieser Schichtfläche ragen eine Menge verkieselter Baumstämme heraus (MARSHALL 3, Fig. 103).

Die Oberkreide, das sogenannte Amuri-System oder die Waiparaschichten, liegen nach den vorhandenen Angaben stets diskordant und transgressiv, und sollen nach Angabe der neuseeländischen Geologen nach der Hauptfaltung des Gebirges abgelagert worden sein. An der transgressiven Lagerung ist wohl nicht zu zweifeln. Das Alter der Schichten halte ich wenigstens zum Teil für obersenonisch, und zwar wegen des Vorkommens einer merkwürdigen von HECTOR abgebildeten<sup>1)</sup> *Trigonia »sulcata«*, die der *Trigonia Hanetiana* der Quiriquinaschichten nahesteht<sup>2)</sup>, der der Gattung *Pugnellus* ähnlichen *Conchothyra parasitica* Mc Coy<sup>3)</sup>, von *Baculites*<sup>4)</sup> und der *Rostellaria Waiparaensis*<sup>5)</sup>, welche letztere, soweit man aus HECTORS sehr roher Abbildung Schlüsse ziehen darf, an die von mir beschriebenen Formen *Aporrhais gregaria* aus dem patagonischen und *Perissoptera Nordenskjöldi* aus dem antarktischen Senon erinnert. An manchen Stellen finden sich in den Waiparaschichten riesige Septarien, z. B. bei Moeraki, in denen Reste von Meeressauriern (*Plesiosaurus*, *Mauisaurus*, *Taniwhasaurus* u. a.<sup>6)</sup>) gefunden sind. Für einzelne Abteilungen der neuseeländischen Oberkreide sind Namen wie »Saurierschichten«, »Waipara-Grünsand«, »Amurikalk«, »Weka Pass Stone« u. a. in Gebrauch.

Abgesehen von dem Vorkommen auf der Westseite des Isthmus von Auckland fehlt die Oberkreide der ganzen Westseite sowohl der Nord- als auch der Südinsel. Die vollständigste Entwicklung zeigt die Formation am Amuri-Bluff (Ostküste der Südinsel nördlich von Christchurch), auf der Kaikoura-Halbinsel (etwas weiter nördlich) und im nördlichen Auckland. Andere Vorkommen sind: in der Provinz Otago an der Küste vom Clutha River bis zum Saddle Hill mit den an der Basis der Formation liegenden Kohlenflözen von Kaitangata und Tokomairiri

1) PARK hat diese Abbildung in seinem Buch leider nicht wiedergegeben.

2) Vgl. O. WILCKENS, Revision der Fauna der Quiriquinaschichten. (N. Jahrb. f. Min., Geol., Pal. Beil.-Bd. 18). S. 231, 280.

3) PARK, Taf. V.

4) PARK, Fig. 43, S. 87.

5) PARK, S. 92, Fig. 47, 3.

6) Beschreibung derselben s. HECTOR, On the fossil Reptilia of New Zealand. Transactions and Proc. of the New Zealand Institute 6, S. 333—358. 5 Taf. 1874.

und an der Küste zwischen Shag Point und Moeraki; in der Provinz Canterbury Waipara, wo eine fast vollständige Schichtfolge ausgebildet ist, und das isoliert in 2000 Fuß Höhe gelegene Vorkommen im Trelissic-Becken. In der Provinz Marlborough baut die Kreide die Küstenhügel von der Kaikoura-Halbinsel bis zum Cap Campbell auf. In der Provinz Wellington folgen einzelne Vorkommen der Ostküste bis zur Hawkes Bay<sup>1)</sup>. Sehr verbreitet sind die Waiparaschichten auf dem NW.-Sporn der Nordinsel. Ihnen gehören die Kohlenlager von Whangarei an.

Das Alttertiär ruht an der Ostküste von Neuseeland teils auf Waiparaschichten, teils unmittelbar auf den mesozoischen oder älteren Gesteinen, an der Westküste ausschließlich auf den beiden letzteren, da dort die Kreide fehlt. Es sind Konglomerate, Schiefertone, Sandsteine, auch Kohlenflöze. Der gesamte Schichtkomplex erreicht etwa 5100 Fuß Mächtigkeit. Merkwürdigerweise wird ein Konglomerat von 300 Fuß Mächtigkeit an der Basis dieser Formation von manchen neuseeländischen Geologen als glazial angesehen. Beweise dafür fehlen. Die tieferen Schichten werden als Waimangaroaschichten abgetrennt. Sie sind auf die Westküste der Provinz Nelson beschränkt. Die höhere Abteilung, die Oamaruschichten, sind sehr verbreitet und bilden heute einen allerdings vielfach unterbrochenen Rand um die Nord- und die Südinsel, wobei sie auf jener im Westen, auf dieser im Osten vollständiger erhalten sind. Sie steigen bis zu 3700 Fuß Höhe ins Land hinauf. Ihre Lagerung ist deutlich transgressiv. Wenn MARSHALL versichert, daß keine Diskordanz zu den Waiparaschichten nachweisbar sei, wo diese das Liegende des Oamaru bilden, so ist das wohl möglich, ändert aber nichts an der Tatsache, daß Oberkreide und Tertiär durch eine stratigraphische Lücke voneinander getrennt werden<sup>2)</sup>.

Die Gesteine der Oamarustufe sind Grünsande, Kalksandsteine und Mergel. Die tieferen Schichten führen Braunkohlen, die höheren sind marin und enthalten eine reiche Meeresfauna, die zum Teil bereits von ZITTEL beschrieben ist. Man hat verschiedene Abteilungen unterschieden und es gibt sehr viele Lokalnamen für gewisse Gesteine, namentlich für die Kalke. Das Alter des Oamaru ist nach PARK, der die Waimangaroaschichten als Eozän betrachtet, Miozän, nach MARSHALL Eozän. Nach F. CHAPMAN zeigt das Oamaru Beziehungen zum australischen Miozän.

Erwähnenswert sind noch die Manuherikiaschichten, Ablagerungen eines früher zusammenhängenden Sees im Maniototo-, Manuherikia- und Idatal (Otago), an der Basis Quarzsande mit marinen Oamarufossilien,

1) Diese Vorkommen sind auf PARKS Karte, die im Gegensatz zu derjenigen MARSHALLS (3) die Kreide besonders ausscheidet, nicht angegeben.

2) Ein naheliegendes Vergleichsbeispiel ist die Überlagerung von senonen durch tertiäre Grünsande ohne deutliche Diskordanz bei Algarrobo an der chilenischen Küste, die durch BRÜGGEN aufgeklärt ist. Das Fehlen einer klaren Diskordanz ist unwesentlich, der Fossilinhalt entscheidend.



darüber Mergel mit Braunkohle, sandige Tone, Sandsteine und konglomeratische Sandsteine mit Blättern dikotyledoner Bäume und Fischresten.

Das Jungtertiär ist durch die pliozänen Wanganuischichten vertreten. Nach Ablagerung des Oamaru muß eine allgemeine, wenn auch nicht ganz gleichmäßige Hebung der neuseeländischen Inseln eingetreten sein. Dann erlaubte eine neue Senkung dem Pliozänmeer den Übertritt über das Land. Auf der Südinsel spielt das Pliozän eine sehr untergeordnete Rolle<sup>1)</sup>, auf der Nordinsel dagegen eine nicht unbedeutende<sup>2)</sup>. Auf letzterer steigen die Wanganuischichten in der Ruahinekette bis zu 4000 Fuß Höhe hinauf; es hat also eine sehr bedeutende Senkung stattgefunden, und zwar allem Anscheine nach nur der Nord-, nicht aber der Südinsel. Die Gesteine der Wanganuischichten sind blaue, z. T. sandige Tone, Sandsteine, Sande, Konglomerate, Kalke. Der Fossilreichtum ist in manchen Ablagerungen bedeutend.

Die Spuren der diluvialen Eiszeit sind auf Neuseeland deutlich. Von der Nordinsel sind Tillite aus der Umgebung der Vulkane Ngauruhoe und Ruapehu beschrieben, jedoch ist ihre glaziale Natur bestritten worden. Auf der Südinsel sind die glazialen Erscheinungen von großer Ausdehnung. Nach HUTTONS Vorgang verlegen manche neuseeländische Geologen den Beginn der Vergletscherung ins jüngste Pliozän; aber die dafür angeführten Gründe sind nicht überzeugend. Über Art und Ausdehnung der Vereisung sind die Meinungen geteilt. PARK nimmt an, daß eine Phase der Eiskappe einer Phase der Talvergletscherung vorangegangen sei. Nach MARSHALL wären nur die höher gelegenen Teile der Südinsel vergletschert gewesen. Große Moränen liegen an den Ausgängen der Seen Wakatipu, Te Anau und Manapouri. Bekannt ist das schöne Glazialrelief des Fjordlandes im Südwesten der Südinsel (Milfordsund!). Die Schmelzwasser der Gletscher schufen die fächerförmigen Schotterebenen in Southland, Canterbury und Marlborough. Die Flußterrassen auf der Südinsel sprechen für wiederholte Hebung des Landes. Nach PARK unterbrechen zwei oder mehr Interglazialperioden kurze Vorstöße des Eises während der Talvergletscherung. Löß nimmt an der Ostküste der Südinsel bedeutende Flächen ein und wird bis 60 Fuß mächtig. Besonderes Interesse verdienen die am Westrande der Canterburyebene verbreiteten Torfmoore mit Moasknochen. Eins bei Hamilton lieferte die Reste von 400, eins bei Glenmark die von 1000 Vögeln. Eine Erklärung für dies Vorkommen fehlt. Man nimmt an, daß die Moas von älteren Bewohnern Neuseelands, Vorgängern der Maori, ausgerottet sind.

Eruptivgesteine. Die Eruptivgesteine des äußersten Südwestens der Südinsel sind bereits erwähnt. Ihr Alter ist unsicher, aber wahr-

<sup>1)</sup> Das auf MARSHALLS Karte (3) angegebene Pliozän in der Provinz Nelson ist nach PARKS Karte größtenteils Posttertiär.

<sup>2)</sup> MARSHALLS Karte gibt im Gegensatz zu derjenigen PARKS das Pliozän gesondert an.

scheinlich hoch. Die Granitstöcke des nordwestlichen Nelson sollen ungefähr das Alter der Gebirgsfaltung haben (s. u.). Die ultrabasischen Eruptiva der Dun Mountain-Zone scheinen postjurassisches Alter zu besitzen, was mit Rücksicht auf das spätmesozoische Alter der Ophiolithe von Neukaledonien und vieler anderer Gebiete von besonderem Interesse ist. Eine schöne Schilderung des Dun Mountain (»brauner Berg«), von dem der Dunit seinen Namen hat, gab schon HOCHSTETTER im Novara-Werk. Derselbe nahm auch schon ein mesozoisches Alter des Dunits an. Der »Mineral belt«, wie der Dunit- und Serpentinzug genannt wird, erstreckt sich von Stephens- und d'Urville-Eiland in der Cookstraße in südwestlicher Richtung bis ans Wairautal.

»Grünsteintuffe« sind in der karbonischen Te Anau-Serie (im Sinne PARKS) derartig weit verbreitet, daß sie geradezu als Leitgestein für sie betrachtet werden können. Auch in den Maitaischichten von Nelson kommen solche grüne oder grün und rot gefleckte Tuffe vor. Außerdem treten auch Melaphyrdecken auf. Das Alter des Hornblendegranits von Mackays Bluff bei Nelson und der Diorite und Norite der Eglinton County (Nelson) ist unbekannt.

Große Massen effusiver Gesteine bilden auf der Südinsel die Banks- und die Otagohalbinsel, die beide als schützende Wogenbrecher dank der Festigkeit ihrer Gesteine weit vor den übrigen Küstensaum ins Meer vorspringen. Die Otagohalbinsel wird von Laven, Tuffen und Agglomeraten von Phonolith, Dolerit, Trachydolerit, Andesit, Basalt und Basanit aufgebaut, dazu treten in Gangform Nephelinsyenit, Augitdolerit und Tinguait auf. Man kann zwei, durch einen längeren Zwischenzeitraum getrennte Eruptionsperioden unterscheiden. In der Zwischenzeit gelangten Süßwasserbildungen zum Absatz. Die Eruptionen sind jünger als Oamaru, älter als Pleistozän, also wohl pliozän.

Auch auf der Banks-Halbinsel lassen sich zwei Effusivperioden unterscheiden. Die ältere förderte Rhyolithe, die jüngere basische Andesite und Basalte. Die Rhyolithe sind wegen ihrer Verwandtschaft mit den granatführenden Rhyolithen des Mt. Somers und der Malvern Hills von HUTTON und SPEIGHT in die Kreide gestellt (was wohl nicht richtig ist). Die Krater der Häfen Lyttelton und Akaroa sind so wohlerhalten, daß sie nicht sehr alt sein können.

Ein ähnliches Eruptionsgebiet wie die beiden eben besprochenen ist die Haurakihalbinsel der Nordinsel. Auch hier erfolgten die Eruptionen in zwei Perioden, die beide Andesite und Dacite lieferten. An den Eruptionszentren und in deren Umgebung sind die Andesite bis zu 1000 Fuß Tiefe propylitisiert und reich an goldführenden Gängen. Das Alter der Andesite der ersten Ergußperiode ist oamarutisch, also miozän, das der zweiten wahrscheinlich pliozän.

Einer jüngeren Periode gehören dann die Rhyolithe an, die nicht nur an der Haurakihalbinsel die Andesite überlagern, sondern auch mit ihren Laven, Tuffen und Agglomeraten das zentrale vulkanische Hoch-

land der Nordinsel aufbauen, wo ihnen die jungen Andesitkegel des Ngaurohoe, Ruapehu, Tongariro usw. aufgesetzt sind. Auch die vorzüglich frisch erhaltenen Basaltvulkane des Isthmus von Auckland sind jugendlichen, wahrscheinlich pleistozänen oder noch jüngeren Alters. Seitdem Vertreter der weißen Rasse auf Neuseeland wohnen, hat kein vulkanischer Ausbruch mit Lavaförderung mehr stattgefunden. Der wegen der mit ihm verknüpften Bildung einer Spalte innerhalb eines Zeitraumes von 3—4 Stunden vielgenannte Ausbruch des Tarawera Juni 1886 förderte nur lockeres Material.

## II. Bau.

Auf den geologischen Karten tritt deutlich hervor, daß der südliche Teil der Ostküste der Südinsel von Neuseeland ein Gebirge von im großen sattelförmigem Bau quer abschneidet. Dies Gebirge besitzt eine zentrale Zone aus kristallinen Schiefnern unbekanntes Alters, die beiderseits von Zonen jüngerer Gesteine begleitet wird, deren Alter im allgemeinen ebenfalls nicht feststeht. An deren Flanken wiederum finden sich noch jüngere Gesteine (Trias und Jura). Legen wir unserer Betrachtung zunächst PARKS Karte zugrunde, so hat es tatsächlich den Anschein, als ob dieser große »Otagosattel« sich mit einem SW.—NO. streichenden Längsgebirge vereinigte, indem es sich diesem in einem Bogen anschmiegt und mit ihm verschmilzt. Es sieht so aus, als träte eine Vereinigung zweier großer Sättel im Streichen ein. Dieser Eindruck wird dadurch hervorgerufen, daß die zentrale Zone des Otagosattels nach PARK aus denselben Gesteinen besteht wie das Gneisgebiet des Fjordlandes. Im 2. Bande des »Antlitz der Erde« legt SUESS besonderen Nachdruck auf diesen Zusammentritt zweier selbständiger Gebirge im Süden der Südinsel.

Legen wir nun aber nicht PARKS, sondern MARSHALLS Karte (3) zugrunde, so besteht der Kern des Otagosattels aus anderen Gesteinen als das Gneisgebiet des Fjordlandes und dieses erscheint dem anderen Gebirge gegenüber wie ein Fremdkörper. Nach der übereinstimmenden Angabe der neuseeländischen Geologen besteht dies Gneisland ganz vorwiegend aus Orthogneisen, namentlich dioritischen. Es könnte sich also bei dieser Masse um einen Eruptivkörper in den Südlichen Alpen handeln, vergleichbar den Granodioriten der amerikanischen Kordillere, oder etwa um ein altes Massiv, etwa wie das Mont Blanc-Massiv in den Alpen, oder aber schließlich auch um älteres Gebirge, an das das jüngere Faltengebirge der Südinsel herantritt.

SUESS sagt, daß im Südteil der Südinsel zwei aufeinander senkrecht stehende Streichrichtungen und zwei selbständige einseitige Kettengebirge existierten. Will man das Vorhandensein von zwei Gebirgen anerkennen, so bleibt doch der symmetrische Bau des Otagosattels auffallend und im Widerspruch gegen Einseitigkeit. Aber sollte wirklich dies Gebirge in seiner ganzen Breite von 75—100 englischen Meilen den

Bau eines einfachen, symmetrischen Sattels aufweisen? Das ist von vornherein ganz unwahrscheinlich. Ebenso wenig können die jüngeren Gesteine zwischen Sattel und Gneisgebiet im Südwesten eine einfache Mulde darstellen.

SUESS konnte weder im 2., noch im 3. Bande des »Antlitz der Erde« ein klares Bild des neuseeländischen Gebirgsbaues zeichnen. Dafür fehlen in weitem Maße die Unterlagen. Auch PARK und MARSHALL sind hierzu nicht imstande. Es fehlen noch zu sehr Einzeluntersuchungen. Nach »Antlitz der Erde«, Bd. 3, II, S. 561 möchte ich vermuten, daß SUESS später das Gneisgebiet des Fjordlandes als Fremdkörper gegenüber dem Faltengebirge betrachtet, weil er das südliche Neuseeland dem atlantischen Raume zuzählt.

Für meine weitere Darstellung möchte ich einen Vergleich der allgemeinen Erscheinungsform des neuseeländischen Faltengebirges mit dem der Alpen voranstellen:

Soweit erhalten, besitzt das neuseeländische Faltengebirge wie die Alpen eine S-förmige Gestalt, aber seine Hauptstreckung ist nicht wie bei diesen W.—O., sondern SW.—NO. Sein südwestlicher Teil beschreibt einen ähnlichen scharfen Bogen wie die Westalpen. Die Innenseite des Gebirges wäre die SO.-Seite. Große Abbrüche versenken diese Innenseite, und die Eruptivmasse der Banks- und der Otago-halbinsel haben eine Stellung auf der Innenseite, wie sie bei den großen Kettengebirgen so häufig ist. Vielfach werden auch für die Außenseite des Gebirges große Abbrüche angenommen, bedeutende Teile des Faltenzuges sollen unter der Tasman-See liegen.

Der große südwestliche Bogen des Gebirges drängt sich gegen das zu einer alten Masse gehörende Gneismassiv des Fjordlandes, das nach ALB. HEIM<sup>1)</sup> einen ungeheuren massigen Klotz alter kristallinischer körniger Tiefengesteine darstellt, in dem keine gefalteten Sedimentgesteine, keine aufgerichteten Schichten vorkommen. Im Norden der Südüinsel ist dem Faltengebirge die paläozoisch gefaltete Gebirgsmasse der Tasmanberge usw. vorgelagert, wie die böhmische Masse den östlichen Alpen. An der Cookstraße erfolgt teils eine oberflächliche, kurze Unterbrechung des Gebirges (Kaikouras-Ruahinezug), teils ein Absinken der Gebirgsachse für den breitesten Teil des Gebirges, so daß die äußeren und mittleren Zonen auf der Nördinsel zunächst ganz unter tertiären Ablagerungen und vulkanischen Bildungen verschwinden. Erst weiterhin taucht das Gebirge in Bruchstücken wieder auf.

Im östlichen Teil der Nördinsel herrscht nordöstliches, im nordwestlichen Teil nördliches bis nordwestliches Streichen in den vereinzelt erhaltenen Faltengebirgsstücken. Hier scheint sich ein Auseinandertreten der Äste ähnlich demjenigen am Ostende der Alpen anzubahnen. Nach SUESS (Antlitz der Erde, Bd. 3, II, S. 359) gestaltet sich hier eine

<sup>1)</sup> Neuseeland. Neujahrsblatt, herausgeg. v. d. Nat. Ges. Zürich auf das Jahr 1905 (107. Stück). S. 38.

Virgation, die sich gegen NW. und W. öffnet und auf die mehrere Bogen des westpazifischen Baues hinstreben. Wie am Ostende der Alpen so erfolgt auch hier starker Abbruch.

Die Größenverhältnisse sind beim neuseeländischen Faltengebirge ungefähr dieselben wie bei den Alpen.

Es möge nun geprüft werden, wie weit sich unser Vergleich durch die bisher bekannt gewordenen Tatsachen des neuseeländischen Gebirgsbaues stützen läßt, und welche sich ihm entgegenstellen.

Wenn früher neuseeländische Geologen die Südlichen Alpen, d. h. den besterhaltenen Teil des Faltengebirges von Neuseeland als Antiklinorium oder als Synklinorium bezeichnet haben, so ist darauf wohl nicht mehr Wert zu legen, als wenn man ehemals die Alpen als Gebirge von einfachem, symmetrischem Bau auffaßte. Daß der Otagosattel mit seiner Riesenbreite unmöglich ein einfaches Gewölbe sein kann, wurde schon gesagt.

Wenn, wie wir angenommen haben, die östliche Seite des Gebirges die Innenseite ist, so muß dasselbe aus OSO. und SO., im Otagosattel aus NO., gefaltet sein. HOCHSTETTER<sup>1)</sup> zeichnet in seinem Profil durch die Südlichen Alpen nur annähernd aufrechte Falten. Dasselbe ist aber ganz schematisch gehalten. ALB. HEIM<sup>2)</sup> nennt die Südlichen Alpen ein unsymmetrisches, einseitig gebautes Faltengebirge. »Auf der Westseite hebt es in hohen ersten Ketten an, gegen Osten werden die Falten allmählich niedriger.« Welche Seite er für die Innenseite hält, sagt HEIM nicht. Nach dem angeführten Satz möchte man denken, daß nach seiner Ansicht die Westseite die Außenseite ist. Später<sup>3)</sup> heißt es allerdings, die vulkanischen Massen lägen am östlichen Rande und »im Vorlande«; aber ob damit wirklich gesagt sein soll, die Ebenen der Ostküste seien das Vorland des Gebirges im tektonischen Sinne, erscheint zweifelhaft.

MARSHALL (2, S. 38) schreibt, die faltende Kraft habe in Otago aus NO., in Canterbury, Marlborough und Nelson aus SO. gewirkt. In der Tat betrachtet er die östliche Seite des Gebirges als die Innenseite. Wenn die Südlichen Alpen einen einseitigen Bau haben, so heißt es bei MARSHALL an anderer Stelle (3, S. 134), so sind sie wohl gegen ein Vorland gefaltet, das jetzt unter der Tasmansee liegt. Nach MARSHALL liegen die Schichten der Westflanke des Otagosattels im äußersten Süden, in der Nähe der Gneismasse des Fjordlandes, zwischen Waikawa und Fortrose horizontal. MARSHALL betrachtet diese flache Lagerung als ein Anzeichen für das Ausklingen der Faltung (3, S. 133). Erst nördlich des Catlins River ist die Faltung stärker und nördlich des

<sup>1)</sup> Reise der Novara. Geolog. Teil. I. S. 199.

<sup>2)</sup> Am angeführten Orte S. 34.

<sup>3)</sup> S. 35. — Man darf nicht vergessen, daß HEIMS Schrift nicht eigentlich eine wissenschaftliche Abhandlung sein soll. Nicht alle ihre Angaben sind zuverlässig, so die, daß es keine Kreide auf Neuseeland gäbe.



Taierflusses beginnt der Metamorphismus der Gesteine. In dem großen Gebiete metamorpher Gesteine, das den Kern des sogenannten Otagosattels bildet, liegen die Schichten ebenfalls vielfach horizontal<sup>1)</sup>. Von besonderem Interesse sind die Angaben MORGANS<sup>2)</sup> über das Gebiet von Mikonui (Westland) und den Bau der Südlichen Alpen etwa in 43° s. Br. Wenn das Gebirge einseitig gebaut ist, so muß hier der Druck aus SO. gegen NW. gewirkt haben. Das Fallen der Faltenschenkel ist vorwiegend südöstlich. Auch ein Profil, das BELL und FRASER<sup>3)</sup> etwas weiter nördlich durch die Südlichen Alpen gelegt haben, zeigt südöstliches Fallen der Schiefer der Griffith Range.

SUESS (Antlitz der Erde 3, II, S. 340) nennt das NNO. streichende Gebirge der Südinsel (also die Südlichen Alpen) gegen OSO. gefaltet. Nach seiner Ansicht ist also die westliche Seite die Innenseite.

Nach J. PARK streichen die Gneise des Fjordlandes als zentrale Zone mit einzelnen Unterbrechungen weiter durch das neuseeländische Hochgebirge bis in die Provinz Nelson und stellen die stärkstgehobenen Teile, das tektonische Rückgrat der Kette, dar, wenn sie auch westwärts von der Linie der größten Erhebungen des Gebirges bleiben. Von der südwestlichsten Spitze von Neuseeland bis zum Doubtful Inlet ist nach seiner Angabe (1, S. 16) das Streichen S.—N., weiterhin dann SW.—NO. Nördlich des Mount Aspiring, d. h. also etwa des nördlichen Endpunktes der Gneismasse des Fjordlandes ist das Fallen der Schiefer und der diese überlagernden jüngeren Schichtgesteine östlich, so daß die Südlichen Alpen nur den östlichen Flügel eines großen Sattels darstellen, dessen Westschenkel entweder abgetragen ist oder im Pazifik (Tasmansee) versenkt liegt. Der Otagosattel ist nach PARK an der Ostküste der Südinsel flach; im Streichen gegen NW. verengert er sich und ist dann tiefer, nämlich bis auf die kristallinen Schiefer, erodiert. Über die Beziehungen des Otagosattels zum Sattel der Hauptkette macht PARK keine Angaben. In dem Gebirge zwischen Nord-Otago und den Spencerbergen in Nelson sind die Sandsteine, Grauwacken und Schiefer, die das Hauptbaumaterial des Hochgebirges bilden, in SW.—NO. streichende und nach SO. überliegende Falten gelegt oder sogar durch Überschiebungsflächen zerrissen. Mit dieser allgemeinen Angabe steht die Schilderung MORGANS (s. oben!) im Widerspruch. In der Mt. Cook- und der Malte Brun-Kette kann der Faltenbau an den Bergeshängen mit bloßem Auge verfolgt werden. Durch vier Abbildungen gibt PARK davon eine gute Vorstellung (1, Fig. 21—24). Man sieht an diesen

1) J. PARK, The Geology of the Area covered by the Alexandra Sheet, Central Otago Division. New Zealand Geological Survey No. 2 (New Series). [Profiltafel. 1906.

2) P. G. MORGAN, The Geology of the Mikonui Subdivision, North Westland. New Zealand Geological Survey. Bull. No. 6 (N. S.). S. 30—44. 1908.

3) J. M. BELL and C. FRASER, The Geology of the Hokitika Sheet, North Westland Quadrangle. New Zealand Geological Survey. Bull. No. 1 (N.S.). 2. Profiltafel, oberes Profil. 1906.



natürlichen Schnitten teils steilgestellte, unter sehr hohem Winkel nach NW. einfallende Schichten, teils nach SO. überliegende Falten, teils nach NW. einfallende Aufschiebungsflächen. Am Mt. Haast aber und am Mt. Haidinger senken sich nach NNW. überliegende Falten ins Tasmanal hinab.

Es ist schwer, aus diesen zum Teil widersprechenden Angaben ein klares Bild zu gewinnen. MARSHALL und MORGAN sprechen sich klar für einen Schub von der östlichen Seite des Gebirges aus, SUESS nimmt an, daß der Zusammenschub von Westen her erfolgt sei. PARKS Darstellung läßt sich in verschiedenem Sinne deuten.

Es scheinen mir keinerlei Gründe vorzuliegen, die eine völlige Abtrennung der Kaikouras, die im nordöstlichsten Teil der Südinsel, in der Provinz Marlborough, liegen, rechtfertigen würden. Man weiß wenig über ihre Zusammensetzung, aber die Gesteine scheinen dieselben zu sein wie in den Südlichen Alpen. Sie sind nur ein Teil des großen neuseeländischen Faltengebirges. In ihrem Bau bemerkenswert sind mehrere große Überschiebungsflächen, an denen nach MAC KAY Trias über Miozän geschoben ist. (Das Profil siehe bei MARSHALL [3], S. 126, Fig. 81.) In diesem Eintreten des Tertiärs in den Bau stehen sie aber nicht allein.

Es ist unbestritten, daß die Fortsetzung des Kaikouras jenseits der Cookstraße der Ruahinezug ist. Mit diesem Namen hat SUESS denjenigen Teil des neuseeländischen Faltengebirges belegt, der den östlichen Teil der Nordinsel mit SSW.—NNO.-Streichen durchzieht. Geographisch hat dieser Gebirgstheil keine einheitliche Bezeichnung, sondern trägt mehrere Namen (Tararua-, Ruahine-, Kaimanawa-Mountains). Über seine Tektonik machen PARK und MARSHALL wenig Angaben. Das Streichen läuft parallel der Gebirgserstreckung, die Schichten stehen mehr oder weniger steil. In dem Profil von HECTOR (MARSHALL 3, S. 135, Fig. 89) fällt die Trias nach OSO.

Westlich des großen vulkanischen Plateaus der Nordinsel und der diesem aufgesetzten jungen Vulkane tritt das Faltengebirge nur in einzelnen Bruchstücken aus seiner Überdeckung mit tertiären und pleistozänen Ablagerungen und vulkanischen Bildungen an die Oberfläche. In dem langen Nordwestsporn der Nordinsel treten sie vielfach auf. Die Erstreckung dieses Sporns entspricht, wie schon SUESS hervorhebt, in keiner Weise dem inneren Bau der Falten. Das Gebirge ist also jenseits der Cookstraße in seinen äußeren (westlichen) Ketten außerordentlich stark zerstückelt und auf große Strecken versenkt. Dies Verhalten erinnert an das der Alpen an ihrem Ostende. Es wurde schon erwähnt, daß SUESS eine Virgation zu erkennen glaubt. Die vorhandenen Einzeluntersuchungen<sup>1)</sup> zeigen aber, daß das Streichen in den erhaltenen Faltenstücken in der nordwestlichen Nordinsel nicht nur einfach S.—N. oder SSO.—NNW. oder SO.—NW. gerichtet ist.

<sup>1)</sup> J. M. BELL and E. DE C. CLARKE, The Geology of the Whangaroa Subdivision, Hokianga Division. New Zealand Geol. Survey Bull. No. 8 (N. S.). 1909. S. 42.

Immerhin schließen die bisher bekannten Tatsachen die Möglichkeit des Vorhandenseins dieser Virgation nicht ganz aus.

Die oben geäußerte Vermutung, daß im äußersten Norden der Südinsel gewissermaßen ähnlich wie die vergleichsweise zwar viel größere böhmische Masse vor den östlichen Alpen die paläozoisch gefaltete Masse der Tasmanberge vor dem neuseeländischen Kettengebirge liege, steht einstweilen noch auf schwacher Grundlage. Das Alter der Faltung in dem genannten Gebirgstheil steht noch nicht fest. Aus MARSHALLS Darstellung (2, S. 57—58) und MARSHALLS Karte (3) gewinne ich den Eindruck, daß es sich bei den Tasman- und den Pikikiruna-Mountains (sowie vielleicht auch noch den Marine-, Lyell- und Paparoa-Mts.<sup>1)</sup>) um eine Gebirgsmasse handelt, deren Entstehung älter ist als das große Faltengebirge Neuseelands. Abgesehen von dem jungen Deckgebirge aus Oamaruschichten, kennt man das Alter der Schichtgesteine in diesem Gebirgstheil nur beim Untersilur. Die übrigen Sedimente sind zum Teil metamorph und wahrscheinlich älter als das Untersilur, zum Teil jünger als dieses, aber wahrscheinlich noch altpaläozoisch. Granite und andere Eruptiva sind ziemlich verbreitet. Das Streichen der Falten ist in den Whakamarama Mts., dem nördlichsten Abschnitt der Tasmanberge, NNW. zu W., weiter südlich etwas westlicher, an der Vereinigung der Tasman- und Pikikirunakette NW. zu NNW. Neuere Kartierungen sind in dem Gebiete südlich der Golden Bay (»Parapara-Subdivision«) ausgeführt<sup>2)</sup>. BELLS W.—O.-Profil durch diese Gegend vom Aorere- zum Takakatal, das bei MARSHALL (2, S. 12, Fig. 5) teilweise wiedergegeben ist, zeigt nach Westen überliegende Falten. Nach den Karten ist das Streichen in den paläozoischen Gesteinen zwar sehr mannigfaltig im einzelnen, aber nördliches und nordwestliches herrscht vor. Dieses von dem des Hauptfaltengebirges so stark abweichende Streichen im Verein mit dem teilweisen Aufbau aus dem anscheinend in den ganzen Südlichen Alpen fehlenden Untersilur drängt zu der Annahme, daß hier ein selbständiger älterer Gebirgskörper vorhanden ist.

Die meisten neuseeländischen Geologen, auch PARK und MARSHALL, betrachten die Kreidezeit, und zwar namentlich die ältere, als die Periode der Hauptgebirgsbildung für Neuseeland. Die Juraschichten sollen die jüngsten sein, die in die komplizierte, starke Faltung eintreten. Als Beweis wird auch angeführt, daß die Oberkreide und das Tertiär im allgemeinen eine randliche Lage zum Gebirge einnehmen, meist flach liegen oder gegen die Küste einfallen und nur ausnahmsweise starke Faltung oder Überschiebung aufweisen. Nur im Bergland von Otago

<sup>1)</sup> Vgl. die Karte bei MARSHALL (2), Fig. 1.

<sup>2)</sup> J. M. BELL, E. J. H. WEBB, E. DE C. CLARKE, The Geology of the Parapara Subdivision, Karamea, Nelson. New Zealand Geological Survey Bull. No. 3 (N. S.). — BELLS Bericht über die westlich und südwestlich an das Paraparagebiet anschließende »Heaphy-Subdivision« (Second Annual Report of the Geological Survey Department, 1908, S. 7—9) läßt nur erkennen, daß die geologischen Verhältnisse hier ähnlich sind. Das gleiche gilt von der »Mount Radiant Subdivision«.

zwischen Mt. Aspiring und Wakatipusee, in der Ben Neviskette in Nelson, ferner in den Kaikouras sind tertiäre Sedimente von starker Faltung oder Überschiebung ergriffen. Daß auch Stimmen nicht fehlen, die die Faltung der neuseeländischen Kette in eine jüngere Periode setzen, wird noch zu erwähnen sein.

Als Beispiel für große Dislokationen im Gebirge, die jünger sind als die Oamaruformation, möge die sogenannte Moonlight-Überschiebung dienen. Sie ist nach dem Moonlight Creek benannt, dessen Tal sie überquert. Sie besteht aus einer steil westwärts fallenden Aufschiebungsfläche in Kakanui-Schiefern (Altpaläozoikum?), in die eine 14 bis 150 Fuß mächtige Masse von fossilführendem Sandstein und Konglomerat vom Alter der Oamaruformation eingeklemmt ist. Diese Einklemmung beginnt am Nordufer des W.—O. gerichteten, mittleren Armes des Wakatipusees und streicht etwa 25 Meilen weit in nordnordöstlicher Richtung fast geradlinig über Berg und Tal bis in die östlichen Flanken des Mount Aurum. Im Fallen ist diese gangartige Platte 3600 Fuß tief aufgeschlossen. Im Hangenden der Moonlight-Überschiebung liegt unmittelbar westlich von ihrem Ausstrich am Wakatipusee eine 1500 Fuß mächtige tertiäre Einfaltung in den Kakanuischiefern, die im Streichen zweimal rechtwinklig geknickt ist.

MAC KAY hat diese bemerkenswerten tektonischen Einschaltungen von Tertiär mitten im alten Gebirge 1880 entdeckt; PARK hat sie genau untersucht. Diese große Dislokation ist jünger als die Oamaruformation und beweist, daß starke gebirgsbildende Bewegungen in Otago noch in jüngerer tertiärer Zeit eingetreten sind, mitten im neuseeländischen Faltengebirge, dessen Faltenwurf allerdings trotzdem älter sein kann als diese Überschiebung. Vielleicht handelt es sich bei den erwähnten Überschiebungen in den Kaikouras um ähnliche Erscheinungen wie die Moonlight-Überschiebung. Das westliche Einfallen dieser Dislokationsflächen stimmt schlecht zu unserer Annahme, daß die Innenseite des Gebirges im Osten liegt.

Die Überschiebung tertiärer Schichten durch Trias in Nelson am Gebirgsrande (PARK, Fig. 16 und 18) läßt sich vielleicht mit der Aufschiebung des Harzes über die jüngeren Schichten an seinem Nordrande vergleichen.

Die von MARSHALL erwähnte starke Faltung im Tertiär der Puketoi Hills (südöstliche Nordinsel) ist vielleicht von Bedeutung für die Datierung der gebirgsbildenden Vorgänge.

Das Hochgebirge von Neuseeland ist vielfach zum Gebiet der mesozoischen Geosynklinalen und zu den tertiären Kettengebirgen gerechnet. P. G. MORGAN<sup>1)</sup> nimmt zwar eine starke Faltung am Ende der Jurazeit an, andererseits spricht er aber auch vom Ende der Kreide- oder Beginn der Tertiärzeit als Zeit der früheren Stadien der alpinen Faltung.

<sup>1)</sup> The Geology of the Miconui Subdivision, North Westland, N. Z. Geol. Surv. Bull. 6 (N. S.). 1908. S. 30 und 34.

In diese letztgenannte Periode verlegt MORGAN vermutungsweise das Empordringen der Granite auf der Westseite der Südlichen Alpen im nördlichen Westland. Dies führt uns auf einen anderen Vergleich. Wir haben das neuseeländische Gebirge nach Gestalt, Größenverhältnissen, Abbrucherscheinungen usw. mit den Alpen verglichen; aber es liegt vielleicht noch näher, die südamerikanische Kordillere dazu heranzuziehen. Wir wissen noch nichts, was darauf hindeuten könnte, daß die neuseeländischen Alpen aus Überschiebungsdecken aufgebaut sind oder daß die Zone kristalliner Schiefer im Otagosattel sich der Zone der lepontinischen Gneise gleichsetzen ließe oder daß ihre manchmal flache Lagerung einen Aufbau aus liegenden Falten andeutet. Wir kennen aber anderseits auch noch wenig Vergleichspunkte mit dem amerikanischen Kettengebirge. MORGAN bringt die Granite auf der Westseite der Südlichen Alpen in Westland in Beziehung zu einer Überschiebungsfläche, längs welcher der östliche Teil des Gebirges über den westlichen hinaufbewegt ist, und nimmt an, daß ihr Empordringen mit der Gebirgsbildung in engem Zusammenhang steht. Zum Vergleich zieht er die Stöcke an der Grenzlinie der Dinariden heran. Die Granite sind Biotitgranit und Hornblendebiotitgranit. Die einzige Analyse, die mitgeteilt wird, ist anscheinend von unfrischem Material und weist einen viel höheren Kieselsäuregehalt als die Granodiorite der Kordillere auf.

Die Kreideformation liegt in der patagonischen und antarktischen Kordillere wie auf Neuseeland randlich zur gefalteten und von Granitstöcken intrudierten Gebirgsmasse. Die Übereinstimmung der neuseeländischen Oberkreide mit der patagonischen und antarktischen scheint bedeutend zu sein.

Der südwestliche Bogen des neuseeländischen Faltengebirges (der sogenannte Otagosattel) erscheint an der Ostküste der Südinself jäh abgeschnitten. Dies Ende ist nicht natürlich, sondern beruht wohl zweifellos auf einem Abbruch. Die Fortsetzung des Gebirges kann nur in **einer** Richtung gesucht werden, in der auf die Kordillere des Grahamlandes, die »Antarktanden«. Die Unterbrechung zwischen beiden ist groß; aber die hier geäußerte Ansicht steht im Einklang mit dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse. Das atlantische und das pazifische Gebiet haben, wie SUESS schon hervorhebt, beide Anteil am antarktischen Landgebiet. Die hier vorgeschlagene Verbindung Neuseeland—Grahamland läßt den pazifischen Ozean auch im Süden durch ein Faltengebirge umrandet erscheinen. Fast ganz Antarktika muß dann dem atlantischen Raume zugehören.

---

### III. Geologischer Unterricht.

## Verzeichnis der geologischen Vorlesungen an den deutschen Hochschulen im Sommersemester 1917.

Abkürzungen: Geol. = Geologie; g. = geologisch; Pal. = Paläontologie; p. = paläontologisch; Petr. = Petrographie; petr. = petrographisch; Üb. = Übungen; Anl. = Anleitung zu selbstständigen Arbeiten; Coll. = Colloquium; Exk. = Exkursionen. — Die Zahlen geben die Zahl der Stunden in der Woche an.

#### 1. Universitäten.

##### A. Deutschland.

Berlin: HENNIG: Geol. Deutschlands mit Exk. 2, Pal. I: Wirbellose 2, Die fossile Reptilienwelt 1; HAARMANN: Wirtschaftsgeol. Deutschlands 2; LIEBISCH: Anl. (Petr.); TANNHÄUSER: Petr. 2, petr. Üb., petr. Exk.

Bonn: STEINMANN: Regionale Geol. II. Geol. von Europa, mit Exk. 4, Fossile Pflanzen 1, Die g. Grundlagen der Abstammungslehre 1, Üb., Anl., Coll.; BRAUNS: Anl. (Petr.), Ausflüge in Vulkangebiete der Eifel und des Niederrheins; POHLIG: Allgemeine Geol. (Erdgeschichte) mit Demonstrationen und Ausflügen 3, Abstammungsgesetz und Erdgeschichte, mit Demonstrationen, nach seinem gleichnamigen Leitfaden 2, Lichtbildervorträge als Einführung in die Geol. 1, Erdgeschichtliche Spaziergänge; WANNER: Fossile Wirbeltiere (Reptilien und Säugetiere) 2, Technische Geol. 1; TILMANN: Geol. von Rheinland und Westfalen, mit Exk. 1.

Breslau: FRECH: Erdgeschichte (historische Geol.) mit Exk. 4, Technische Geol. mit besonderer Berücksichtigung der Erzlagerstätten, mit Exk. 2, Anleitung zu g. und agronomisch-kartographischen Aufnahmen im Gelände, Üb., Anl.; FRECH, SACHS, DYHRENFURTH, MEYER: Coll.; SACHS: Die Mineralschätze der Erde: Salze, Kohlen, Erze, Edelsteine 1; MEYER: G. Landeskunde von Schlesien, mit Lichtbildern und Exk.  $1\frac{1}{2}$ , Verständnis und Auf-

nahme g. Karten und Profile  $1\frac{1}{2}$ , g. Üb. für Anfänger (besonders für Geographen) mit Lichtbildern und Exk. 2; BEUTELL: Mineralogie und Petr. der Erzlagerstätten mit Exk. 2.

Erlangen: LENK: Allgemeine Geol. mit repetitorischen Besprechungen 5, Anl. (Petr.), Exk.; LENK u. KRUMBECK: Anl. (Geol.), Üb. in der makroskopischen Gesteinsbestimmung; KRUMBECK: Historische Geol. 2, Geol. und Morphologie von Nordbayern mit Fachausflügen 1, p. Üb., Anl. (stratigraphisch-p. Arb.).

Frankfurt a. M.: BOEKE: Die wichtigsten (Mineralgruppen und) Gesteine 4, petr. Üb., Anl. (Petr.); DREVERMANN: Allgemeine Geol. 4, Einführung in die Kenntnis der Versteinerungen 2, Das rheinische Schiefergebirge 1, Anl., Coll.

Freiburg i. B.: DEECKE: Erdgeschichte mit Exk. 5, Üb., Anl.; DENINGER: Pal. der Wirbellosen 3; WEPFER: Geol. von Europa 2; NEUMANN: Meereskunde und Morphologie der festen Erdoberfläche 4; SOELLNER: Anleitung zu petr. Untersuchungen im Gelände.

Gießen: KAISER: petr. Üb., Anl.; KAISER und MEYER: Anleitung zu g.-petr. Beobachtungen im Gelände, Exk.; MEYER: G. Bodenkunde (mit bes. Berücksichtigung g.-agronomischer Karten) 2, Nutzbare Lagerstätten Deutschlands 1.

Göttingen: STILLE: Allgemeine Geol. 4, Geol. von Mittel- und Nordwestdeutschland mit Exk. 2, praktische Üb.



in g. Beobachtungen und Aufnahmen; STILLE und WEDEKIND: Anl.; WEDEKIND: Pal. der wirbellosen Tiere mit bes. Berücksichtigung der Biostratigraphie 3; SALFELD: Die Juraformation mit Üb. 2; FREUDENBERG: Die Urmenschen der älteren Steinzeit; ihre Abstammung, ihre Lebensweise und Künste 2; WAGNER: Allgemeine physikalische Geographie 4; WIECHERT: Geophysik (Erdbeben, Erdkörper, Erdmagnetismus) 4.

Greifswald: JAEKEL: Historische Geol. 2, Pal. II (Wirbellose und Leitfossilien) 2, Üb., Anl., Exk.; MILCH: Anl. (Petr.); PHILIPP: Geol. des norddeutschen Flachlandes mit Exk. 2; KLINGHARDT: Jura und Kreide 3.

Halle: WALTHER: Geschichte der Erde und des Lebens 4, Anleitung zum Studium der Schausammlungen, Üb., Anl.; WALTHER und SCUPIN: Anfangsgründe der Geol., mit Exk. 2; SCUPIN: Grundlagen der Paläogeographie 1, Gesteinskundliche Üb. 3.

Heidelberg: SALOMON: Geol. (äußere Dynamik) 5, G. Geschichte der Heidelberger Gegend mit Exk. 1, Üb., Anl.; WÜLFING: Petr. mit Exk. 2, Anl. (Petr.).

Jena: LINCK: Allgemeine Geol. 4, Anl. (Petr. und allgemeine Geol.); v. SEIDLITZ: Regionale Geol. II Europa 2, G. Aufbau Thüringens mit Exk. 1, Üb., Anl. (Geol. und Pal.).

Kiel: WÜST: Allgemeine Pal. (Pal. und Abstammungslehre) 2, Einführung in die Geol. von Norddeutschland und Südsandinavien für Vorgeschnitene mit Exk., Üb., Anl.

Königsberg: ANDRÉE: Formationslehre als Grundlage der Erdgeschichte und Paläogeographie 4, Pal. nebst Paläobiologie der niederen Wirbellosen 2, Der Aufbau Europas 1, Üb., Anl., Exk. BERGEAT: Gesteinskunde 4, Die metallischen Bodenschätze Deutschlands 1.

Leipzig: FELIX (als Vertreter von KOSSMAT): Einführung in die Pal., unter besonderer Berücksichtigung der wirbellosen Tiere 2; PIETZSCH (als Vertreter von KOSSMAT): Exk.; NIGGLI (als Vertreter von RINNE): Gesteinskunde 6; petr. Üb., Anl. (Petr.); BERGT: Chemische Petr. Sachsens 1, Erzlagerstätten

1, FELIX: p. Üb., REINISCH: petr. Arbeiten im Felde 2.

Marburg: KAYSER: Allgemeine Geol. 4, Geol. von Hessen mit Exk. 1, Üb., Anl.; WEIGEL: Petrographie 2, Die Entstehung der Erzlagerstätten 1; CLOOS: Geol. von Mitteleuropa und dem Balkan 2, Praktische Einführung in die Geol. 2; SCHULTZE-Jena: Morphologie der Erdoberfläche 4.

München: ROTHPLETZ: Geol. mit Exk. 4, Geol. d. Alpen mit Exk. 1; ROTHPLETZ und BROILI: Üb., Anl., Exk.; WEINSCHENK: Lagerstättenlehre II: Erzlagerstätten 2, Üb. im Bestimmen von Gesteinen mit Exk. 4, Anl. (Petr.); STROMER VON REICHENBACH: Pal. der Wirbeltiere I. Einleitung und Fische 1, Pal. der Wirbeltiere IV. Säugetiere 1, Pal. und Deszendenztheorie 1; BROILI: Pal. der Wirbeltiere II—IV: Organisation, Systematik und Stammesgeschichte der Amphibien, Reptilien und Vögel 1, Einführung in die Stratigraphie (Formationskunde) 2; DACQUÉ: Biologie der paläozoischen und mesozoischen Wirbellosen 1, Paläogeographie III. Teil: Paläoklimatologie 1; LEUCHS: Geol. von Ägypten 1, Praktische Geol. 1; BODEN: Geol. der deutschen Mittelgebirge 1.

Münster: BUSZ: Einleitung in die Petr. 2, petr. Üb., Anl. (Petr.); WEGNER: Geol. von Deutschland, Exk.; MEINARDUS: Meereskunde 3.

Rostock: GEINITZ: Üb., Exk.

Straßburg: WILCKENS: Erdgeschichte (Formationskunde) 4, Anl.; BÜCKING: petr. Exk.; KESSLER: Die nutzbaren Ablagerungen Deutschlands 2, Geol. Südwestdeutschlands 2, Repetitorium der Stratigraphie 2.

Tübingen: POMPECKJ: Geol. und Bodengestaltung Württembergs mit Exk. 4, Pal. (Wirbeltiere), Üb., Anl.; NACKEN: Gesteinskunde mit Exk. 4, Die wichtigsten Erze und ihre Lagerstätten 3, petr. Üb.; v. HUENE: Geschichte der Meere 1; LANG: Aussprache über paläoklimatische Fragen 1, Die Sedimente, ihre Bildung und Diagenese 2; SCHMIDT: Der Mensch der Eiszeit 2, Einführung in die vorgeschichtliche Archäologie und Ausgrabungstechnik mit Exk. 2, prähistor. Üb.; SCHMIDT



und SOERGEL: Diluvial-g., p. und prähistorische Üb. mit Exk.; SOERGEL: Die fossilen Lamellibranchiaten 2.

Würzburg: BECKENKAMP: Geol. mit Exk. 4, petr. Üb.

### B. Österreich.

Graz: HILBER: Geol. Mittelsteiermarks 2, Stratigraphie und Pal. Steiermarks 2, Üb., Exk.; HILBER und HERITSCH: Anl.; SCHARIZER: Anl. (Petr.).

Innsbruck: BLAAS: Gesteinsbildung und Umbildung 3, Demonstrationen und Coll. 2; CATHREIN: Anl. (Petr.).

Prag: WÄHNER: Grundzüge der Geol. II. Teil (Zur Einführung, bes. f. Geographen) 4, Üb., Anl., Exk.; PELIKAN: Gesteinskunde II. Teil 3, petr. Üb. 2, Ausflüge zum Studium der Gesteine in der Natur, Anl.; KRASSER: Grundzüge der Phytopaläontologie 2; MACHATSCHK: Gletscherkunde 1.

Wien: SUSS: Grundzüge des g. Baues von Europa 5, Exk.; DIENER: Die Entfaltung des Tierreichs im Laufe der Erdgeschichte 5, Anl.; ABEL: Die fossilen Überreste als biologische Dokumente 5; DOELTER: Die Erze und ihre Lagerstätten 3, Petrogenetische Fragen 2; DIENER und ARTHABER: p. Üb.; ARTHABER: Über Bivalven 2; SCHAFFER: Geschichte des Wiener Beckens mit Exk. 5; HOERNES: Prähistorische Topographie Europas 3, prähistorische Üb.

### C. Schweiz.

Basel: SCHMIDT: (Gesteinsbildende Mineralien und) Gesteine 4, Exk.; SCHMIDT und BUXTORF: Anl.; BUXTORF: Geol. 3, Exk.

Bern: HUGI: Petr. II 2, petr. Üb., petr. Exk.; HUGI und ARBENZ: Mineralogisch-g. Referierabend; ARBENZ: Geol. der Schweiz 2, Erdgeschichte (Formationskunde) 2, Einführung in die Pal. der Wirbellosen (Leitfossilien) 1, Üb., Exk.; NUSSBAUM: Formenkunde der Schweiz 1.

Zürich: SCHARDT: Geol. der Schweiz 2, Geol. der Gebirge 2, Üb., Anl., Exk.; GRUBENMANN: Gesteinslehre 3, Werden und Wandel der Gesteine 1, makroskopisches Gesteinsbestimmen 1, Üb. (Petr.), Anl. (Petr.); ROLLIER: Petre-

faktenkunde mit Üb.: Cephalopoden 2, Stratigraphie der Juraformation 2; WEHRLI: Physische Geographie II: Morphologie der Erdoberfläche 3; DE QUERVAIN: Gletscherkunde mit Exk. 1; HESCHELER: Pal. der Wirbeltiere exkl. Säugetiere 2.

## 2. Technische Hochschulen.

### A. Deutschland.

Aachen: DANNENBERG: Erdgeschichte, Elemente der Mineralogie und Geol., Üb.; KLOCKMANN: Petr., Üb. (Petr.), Anl. (Petr.).

Berlin: HIRSCHWALD: Allgemeine Geol. 2, Üb.; TANNHÄUSER: Die Prüfung der natürlichen Bausteine auf ihre mechanischen Eigenschaften und auf ihre Wetterbeständigkeit 1. — Abteilung für Bergbau: RAUFF: Allgemeine Geologie 3, Pal. 3, p. Üb. 1; GOTHAN: Paläobotanik 2, paläobotanische Üb., Anl. (Paläobotanik).

Breslau: BEUTELL: Mineralogie und Petr. der Erzlagerstätten; SACHS: Die Bodenschätze Schlesiens: Erze, Kohlen, nutzbare Gesteine.

Danzig: STREMMER: Geol. 3, Üb., Anl.

Darmstadt: —

Dresden: —

Hannover: ERDMANNSDÖRFFER: Grundzüge der Geol. 4; HOYER: Praktische Geol. II. 2, Geol. des nordwestlichen Deutschlands 1; SCHÖNDORF: Technisch wichtige Mineralien und Gesteine Deutschlands 2, Einführung in das Verständnis und die praktische Verwertung g. Karte und Profile 1.

Stuttgart: SAUER: Geol. 4, Petrogr. Untersuchungsmethoden 2, Üb., Anl., Exk.

### Landwirtschaftl. Hochschulen.

Berlin: FLIEGEL: Geol. von Norddeutschland 1, Vorkommen, Beschaffenheit und Aufsuchung des unterirdischen Wassers 1, Exk.; SCHUCHT: G.-agronomische Bodenaufnahme 1, praktische Bodenuntersuchungen im Felde.

Hohenheim: PLIENINGER: Geol. II. Teil 4, Üb., Exk.

Poppelsdorf: BRAUNS: Geognosie 2, Exk.

Weihenstephan: ULSCH: Geol.

Die Forstakademien Eberswalde, Münden, Tharandt sind während des Krieges geschlossen. Die F. Eisenach ist dauernd aufgehoben.

\* \* \*

#### Bergakademien.

Claustal: Geschlossen.

Freiberg: BECK: Geol., Lagerstättenlehre, Versteinerungslehre, Geol. von Sachsen, Üb.

\* \* \*

Kolonialinstitut Hamburg: GÜRICH: Die wichtigsten nutzbaren Minerale und Gesteine 2; GÜRICH und WYSOGORSKI: Üb. im g. und agronomischen

Kartieren; WYSOGORSKI: Einführung in die Geol. 1.

Akademie Posen: —

Polytechnikum Cöthen: FOEHR: Geol. 1, g. Üb., g. Seminar, Exk.

B. Österreich.

Brünn: RZEHAJ: Geol. 4, Exk.

Graz: TORNUST: G. Formations- und Gebirgskunde 3, Exk.; MOHR: Geol. der feuerfesten Materialien 1.

Prag: REDLICH: Geol. II 4, Üb., Exk.

\* \* \*

Montanistische Hochschule Leoben: GRANIGG: Petr. 2; SCHMIDT: Geol. 6, Pal. 2, Lagerstättenlehre 3.

## IV. Bücher- und Zeitschriftenschau.

### Jahresberichte und Mitteilungen des Oberrheinischen geologischen Vereins.

Neue Folge. Bd. VI. Jahrgang 1916/17. Heft 2. Mit 2 Tafeln und 3 Abbildungen im Text. Ausgegeben im März 1917. Preis für Nichtmitglieder *M* 1.80. In Kommission bei der E. Schweizerbartschen Verlagsbuchhandlung (Nägels & Dr. Sproesser). Stuttgart 1917:

Das Heft enthält folgende Arbeiten:

BRÄUHÄUSER, M., Beiträge zur Kenntnis des Rhätsandsteins im Schönbuch zwischen Stuttgart und Tübingen. (Vorläufige Mitteilung.)

RÜGER, L., Über das Auftreten von Asphalt im Quarzporphyr von Dossenheim.

HÄBERLE, D., Über das Vorkommen karrenähnlicher Gebilde im Buntsandstein. Mit einer Abbildung im Text und zwei Tafeln.

BURI, TH., Über Verlauf und Gliederung der Nacheiszeit und über Hängetäler im mittleren und im anstoßenden südlichen Schwarzwalde. Mit einer Skizze und einer Abbildung im Text.

K. SAPPER, Katalog der geschichtlichen Vulkanausbrüche. Schriften der wissenschaftlichen Gesellschaft in Straßburg. 27. Heft, Straßburg 1917, bei Karl J. Trübner. Lex.-8°, X. u. 353 S. Broschiert 24 *M*.

Es ist sehr dankenswert, daß sich gerade SAPPER der schwierigen und langwierigen Aufgabe unterzogen hat, ein möglichst vollständiges Verzeichnis der geschichtlichen Vulkanausbrüche zu verfassen. Denn er gehört nicht bloß zu den besten Kennern des Vulkanismus, sondern er hat auch eine unge-

wöhnlich große Zahl von Vulkanen besucht und untersucht. Freilich hebt auch er selbst hervor, daß seine Liste zwar möglichst vollständig, aber nichts weniger als wirklich vollständig ist. Die Gründe dieses Mangels erörtert er eingehend in seiner Einleitung.

In der eigentlichen Darstellung werden die Vulkanausbrüche sehr vernünftigerweise geographisch und nicht chronologisch nach ihrem Zeitpunkt beschrieben. Sehr wertvoll sind die noch über 50 Seiten umfassenden kritischen Schlußbemerkungen. Darin wer-

den besprochen: Der Begriff des Vulkans und der des Ausbruchs, die vulkanische Tätigkeit zu Wasser und zu Lande, der Wert der Ausbruchstatistik, das Verhalten der Einzelvulkane im Laufe der Zeit, akustische, thermische, seismische Tätigkeitsäußerungen, Ausbrucherscheinungen und Wirkungen, Menschenverluste infolge vulkanischer Ausbrüche, die Zahl der in geschichtlicher Zeit als tätig nachgewiesenen Vulkane, ihre Anordnungsdichte, Tätigkeitsfrequenz, Art der Förderung, Förderleistung und die bekannten Riesenausbrüche. Ein ausführliches Orts- und Sachregister erhöht den Wert des sehr willkommenen und wichtigen Buches. SAL.

### **Einführung in die Markscheidekunst**

von L. MINTROP. Berlin 1916, J. Springer. II. Aufl. M 6.80.

Dieses handliche Buch ist vier Jahre nach dem ersten Erscheinen in einer 2. Auflage erschienen; sie enthält gegenüber der ersten zwar keine wesentlichen Änderungen, aber die unnötigen Fremdwörter sind tunlichst durch deutsche Ausdrücke ersetzt. ST.

### **JAMES PARK, A Textbook of Geology.**

For use in Mining Schools, Colleges and Secondary Schools. London 1914. 698 S. 70 Taf.

Die Anordnung des Stoffes in diesem von einem neuseeländischen Geologen geschriebenen Lehrbuch der Geologie ist so gewählt, daß zuerst die Denudation, Erosion, Gletscher- und Meerese Wirkung, dann die epirogenetischen und orogenetischen Bewegungen besprochen werden. Erst hiernach kommen die Abschnitte über die Zusammensetzung der festen Erdkruste, Schichtgesteine, Vulkane und Massengesteine. Wir dürfen in dieser Gruppierung des Stoffes wohl amerikanischen Einfluß sehen, auf den auch die Auswahl der geologischen Landschaftsbilder schließen läßt, die meist amerikanischen Veröffentlichungen entlehnt sind. Einen großen Raum nimmt die Formationskunde ein. Sehr aner kennenswert ist, daß der Verf. der morphogenetischen und praktischen Geologie besondere Abschnitte gewid-

met hat; auch eine kleine Anweisung zu Feldaufnahmen findet sich. Wer erwartet, neuseeländische Verhältnisse in reichem Maße bei den Beispielen für geologische Vorgänge usw. herangezogen zu finden, sieht sich enttäuscht. Die Abbildungen sind ungleichwertig. Neben sehr schönen Tafeln finden sich uralte Holzschnitte wie z.B. derjenige auf S. 63 vom Mer de glace. Die Bilder der Versteinerungen sind z. T. etwas zu wenig fein ausgeführt, die Rekonstruktionen von Ichthyo- und Plesiosaurus auf Tafel 39 sind völlig veraltet. Im Text ist mir aufgefallen, daß vom deutschen Zechstein zwar das Stein-, aber nicht das Kalisalz erwähnt wird (S. 370). Staßfurt heißt dort fälschlich Straßfurt. S. 375 wird Trematosaurus Bronni T. Brauni genannt, S. 379 wird Trachyceras immer Trachyceras geschrieben, S. 400 wird die Einteilung des Jura in schwarzen, braunen und weißen nur für NW.-Deutschland angegeben. S. 147 ist SUSS SUWESS genannt und merkwürdigerweise die Bezeichnung »variscisches Gebirge« auf die Alpen, Karpathen und Pyrenäen angewandt. In der Tektonik sind die Brüche sehr ausführlich behandelt; aber die ganze alpine Tektonik kommt zu kurz. Dafür bietet das Werk wieder anderes, und es ist immer lehrreich, an der Hand eines Lehrbuches zu verfolgen, wie sich das geologische Wissen in der Auffassung eines ausländischen, im besonderen eines nichteuropäischen Fachmannes darstellt. WCKS.

**Geologische Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten**, herausg. v. d. Preuß. geol. Landesanstalt. Lief. 212 (1915). Bl. Marburg, bearbeitet von E. KAYSER, Bl. Niederwalgern, bearbeitet von W. PAECKELMANN.

Die Lieferung behandelt die landschaftlich besonders reizvolle und geologisch recht mannigfaltige Umgegend von Marburg, deren westlicher Teil dem Rheinischen Schiefergebirge mit seinen stark gefalteten Schiefen und Grauwacken des Obersilurs, Devons und Karbons angehört, während ostwärts mit Beginn des hessischen Berglandes sich auf diese paläozoischen Sedimente

diskordant die Sandsteine und Breccien des Oberen Zechsteins und weiterhin die Schichten des mehrere hundert Meter mächtigen Buntsandsteins auflagern, die im Gegensatz zu den ersteren meist tafelförmig liegen. Hart am Ostrande der Blätter bildet sich infolge eines bedeutenderen tektonischen Abbruchs in SN.-Richtung ein Niederungsgebiet — als Ausläufer der größeren »hessischen Senke« — heraus, das von braunkohlenführenden Sanden und Tonen des Oligozäns und Miozäns, sowie von quartären Ablagerungen, hauptsächlich Löß, erfüllt ist. Im äußersten Südosten des Kartengebietes steigt das Tertiär vom Talgrunde aus allmählich zum vulkanischen Massiv des Vogelberges an, der mit seinem nordwestlichen Ausläufer, dem Leidenhöfer Kopf, noch eben in das Gebiet hineinreicht und sich aus mehreren Basaltlaven nacheinander erfolgter Ergüsse zusammensetzt. Im übrigen sind von Eruptivgesteinen noch die bekannten Basaltkuppen des Stempels und des Frauenberges zu nennen, die, zunächst von Tertiärschollen unterlagert, dem Buntsandsteinplateau aufgesetzt sind und selbständige Durchbrüche darstellen.

Im Bereiche des paläozoischen Schiefergebirges treten neben Brüchen auch Überschiebungen und in der unmittelbaren Umgebung von Marburg eine ganze Anzahl Verwerfungen auf, die hier die Auflösung der Buntsandsteintafel in eine Reihe von Einzelbergen zur Folge haben, die nicht unwesentlich zur Schönheit der Marburger Landschaft beitragen. Auch noch an vielen anderen Stellen zeigt sich ein solcher Einfluß der Tektonik auf die Geländegestaltung, indem die Ausbildung mancher Talstrecken und Talbiegungen, wie z. B.

bei der Stadt Marburg selbst, durch Sprünge bedingt erscheint, auf denen die Erosion verhältnismäßig leicht einsetzen konnte.

Das Alter der Verwerfungen schwankt innerhalb weiter Grenzen. Die Störungen und Überschiebungen des paläozoischen Gebirges stehen z. T. sicher in unmittelbarem Zusammenhange mit seiner karbonischen Faltung, z. T. sind sie, soweit sie über das Schiefergebirge hinaus auch noch in den angrenzenden Zechstein und Buntsandstein hineinsetzen, sowie die übrigen das Buntsandsteingebirge dislozierenden Störungen von jüngerem, vor- bzw. nacholigozäнем Alter. Die die hessische Senke erzeugenden Verwerfungen sollen in ihrem größeren Ausmaß erst nach Ablagerung des Tertiärs entstanden sein. Als noch jünger, nämlich quartär, werden die die einzelnen Buntsandsteinkuppen der Marburger Umgebung trennenden Sprünge angenommen.

Im Anschluß an die jungtertiären Krustenbewegungen kam es zur allmählichen Herausbildung des heutigen Lahntals und seiner Nebentäler, und zwar wechselten dabei wiederholt Perioden der Erosion und Perioden der Aufschüttung miteinander ab, wie die in verschiedenen Höhenlagen hinterbliebenen Terrassenschotter, die Reste alter Talböden, anzeigen. Es werden auf den Blättern in Übereinstimmung mit denjenigen des Rheintals vier derartige Diluvialterrassen unterschieden. Dazu kommen noch hoch (auf dem alten Marburger Exerzierplatz 160 m über der Talaue) gelegene Flußschotter, die als Ablagerungen einer jedenfalls pliozänen Lahn anzusehen sind.

(Nach einem Referat der Preuß. Geol. Landesanstalt.)

## V. Geologische Vereinigung.

### Bericht über die Hauptversammlung der Geologischen Vereinigung in Frankfurt a. M. am 6. Januar 1917.

Der Vorsitzende begrüßte die zahlreich versammelten Mitglieder, unter denen viele Feldgraue zu sehen waren, und teilte mit, daß 9 Mitglieder gestorben (davon 5 für das Vaterland gefallen) sind, zu deren Ehren sich die Anwesenden von ihren Sitzen erhoben. Es sind:

Bergingenieur CARL BAUR-München, Kommerzienrat LEO ELLINGER-Frankfurt a. M., Dr. RICHARD LACHMANN-Breslau, cand. geol. HUGO LIEBER-Marburg a. Lahn, Dr. ROMAN LUCERNA-Brünn, Dr. NIETHAMMER-Borneo, Prof. Dr. REGEL-Würzburg, Fräul. ANNA REISS-Mannheim und Hauptmann VORWERG-Warmbrunn.

Ausgetreten sind 8, neu eingetreten 22 Mitglieder, so daß trotz des Krieges die Vereinigung weiter wächst.

Es fanden folgende Vorträge statt:

- Herr H. STILLE-Göttingen über injektive Faltung und damit zusammenhängende Erscheinungen. Diskussion: G. STEINMANN.
- Herr H. BROUWER-Delft über geologische Forschungen in den Molukken. Diskussion: K. DENINGER, H. STILLE.
- Herr E. HAARMANN-Berlin über einen praktischen, amerikanischen Kompaß.
- Herr R. E. LIESEGANG-Frankfurt a. M. über ein neues Verfahren zur Klärung von Trinkwasser.
- Herr G. STEINMANN-Bonn über den Ersatz der Bogenlampe durch Halbwattlampe zu Projektionszwecken.
- Herr N. TILMANN-Bonn über die Verbreitung eruptiver Gesteine in der Trias der Südalpen.
- Herr H. MEYER-Gießen über die Verbreitung der Alkali- und Alkali-Kalkgesteine in Deutschland. Diskussion H. STILLE, E. KAYSER, G. STEINMANN und REDNER.
- Herr W. VON SEIDLITZ-Jena über die Grenze zwischen Ost- und Westalpen. Diskussion: H. MEYER.
- Herr G. STEINMANN-Bonn über neuere Fortschritte der Alpenforschung. Diskussion: VON SEIDLITZ, REDNER.
- Herr F. RINNE-Leipzig über Sammelkristallisation.

Am Abend vereinigten sich die meisten Teilnehmer zu zwanglosem Beisammensein im Ratskeller.

Am 5. Januar ging der Versammlung eine ausgiebige Besprechung der im Felde tätigen Geologen unter dem Vorsitz von H. PHILIPP-Greifswald voraus.

3 NOV. 1917





# Auszug aus den Satzungen der „Geologischen Vereinigung“.

## § 3. Mitgliedschaft.

Die Anmeldung zur Mitgliedschaft erfolgt an den Kassensführer\*. Das Eintrittsgeld beträgt 5 M., der Jahresbeitrag 10 M. für Personen sowohl wie für Institute, Bibliotheken usw. Die lebenslängliche Mitgliedschaft einer Person kann durch einmalige Zahlung von 250 M. erworben werden. Wer eine einmalige Zahlung von 1000 M. leistet, wird als Stifter geführt. Alle Mitglieder erhalten die „Geologische Rundschau“ (8 Hefte zu 4—5 Bogen im Jahre) unentgeltlich und portofrei zugestellt.

Der Jahresbeitrag ist bis Ende Januar an den Kassensführer\* einzuzahlen, andernfalls wird er durch Postauftrag erhoben. Verweigerung der Zahlung bedeutet Austritt aus der Vereinigung und zieht Einstellung der Zusendung der Zeitschrift nach sich.

### Der Vorstand:

Vorsitzender:	E. Kayser (Marburg)
Stellvertret. Vorsitzender:	G. Gürich (Hamburg)
»	F. J. Becke (Wien)
»	L. v. Lóczy (Budapest)
»	Ch. Schuchert (New Haven)
Schriftführer:	Fr. Drevermann (Frankfurt a. M., Senckenbergisches Museum, Victoria-Allee 7)
Stellvertret. Schriftführer:	R. Liesegang (Frankfurt a. M.)
Schriftleiter	G. Steinmann (Bonn, Poppelsdorfer Allee 98)
»	W. Salomon (Heidelberg)
»	O. Wilckens (Straßburg i. E.)
* Kassensführer:	Frau R. Drevermann (Frankfurt a. M.-Eschersheim, Häberlinstr. 53).

---

Die früheren Jahrgänge der *Geologischen Rundschau*, außer den Jahrgängen 1915/16, können von den Mitgliedern der *Geologischen Vereinigung* durch den *Kassensführer* zum Preise von M 10.— bezogen werden.

---

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN IN LEIPZIG

---

# G E O L O G I E

VON

DR. ALEXANDER TORNQUIST

K. K. ORD. PROF. AN DER TECHN. HOCHSCHULE ZU GRAZ

---

## I. TEIL. ALLGEMEINE GEOLOGIE

---

Mit 235 Abbildungen im Text und einem Titelbild.

XII u. 564 Seiten gr. 8. Format: 16½×25. Gewicht: 1260 g

Geheftet M 27.—

**Aus den Besprechungen:** ... Der Verfasser beherrscht den Stoff und sucht überall das Wichtige und Richtige hervorzuheben und offene Fragen zu betonen. Durch diese Behandlung des Stoffes wirkt das Buch anziehend für alle, die sich mit Geologie beschäftigen oder beschäftigen wollen. Auch der Geologe von Beruf wird es gern zur Hand nehmen, um die letzten Leistungen auf dem Gebiete der allgemeinen Geologie einmal im Zusammenhang Revue passieren zu lassen ...

Montanistische Rundschau.

## Schriften

von

**Dr. Gustav Steinmann**

ord. Prof. der Geologie u. Paläontologie an der Universität Bonn  
Geheimer Bergrat



### **Einführung in die Paläontologie**

Zweite, vermehrte und neubearbeitete Auflage

Mit 902 Figuren im Text

gr. 8. XII und 542 Seiten. — Geheftet *M* 14.—

---

### **Die geologischen Grundlagen der Abstammungslehre**

Mit 172 Figuren im Text

gr. 8. IX und 284 Seiten. — Geheftet *M* 7.—; in Leinen gebunden *M* 9.—

---

### **Elemente der Paläontologie**

Bearbeitet von

**Dr. Gustav Steinmann**

ord. Professor der Geologie und Paläontologie an der Universität Bonn  
Geheimer Bergrat

und

**Dr. Ludwig Döderlein**

Direktor des Naturhistorischen Museums der Stadt Straßburg i. E.  
Privatdozent für Zoologie

Mit 1030 Figuren im Text

gr. 8. XIX und 848 Seiten. — Geheftet *M* 25.—; in Halbfranz gebunden *M* 27.—

---

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig

Gehaltvoller Lesestoff fürs Feld!

Soeben erschien:

**Hermann von Helmholtz:**

**Zwei Goethe-Vorträge**

(Goethes naturwissenschaftliche Arbeiten — Goethes  
Vorahnungen kommender naturwissenschaftlicher Ideen)

Feldaussgabe in Taschenformat. Steif broschiert *Mk.* 0,80









