

SÆRTRYKK AV
NORSK GEOLOGISK
TIDSSKRIFT



PHYSIKALISCHE BEMERKUNGEN ZUR TEKTONIK DER ERDBAUMASSEN

AUSZUG AUS EINEM IM NORSK GEOLOGISK FORENING IN
KRISTIANIA AM 12. MÄRZ 1923 GEHALTENEN VORTRAGE.

(MIT 3 FIGUREN IM TEXT).

VON

F. RINNE, Leipzig.

Meine Herren! Ihrer freundlichen Aufforderung, bei Gelegenheit meiner skandinavischen Reise einen Vortrag in der Norwegischen geologischen Gesellschaft zu halten, komme ich mit besonderer Freude nach. Es soll sich dabei handeln um einige physikalische Bemerkungen über die Tektonik der Erdbaumassen unter Heranziehung der Ergebnisse von mir angestellter Versuche und unter Verwendung von Beispielen aus der deutschen Gesteinswelt. Dadurch ist mir willkommene Gelegenheit gegeben, in diesen fachmännischen Kreise gewissermaßen mein geologisch-petrographisches Glaubensbekenntnis über die Grundzüge der Erdtektonik abzulegen.

1.

Für die *physikalische Gliederung* der Erdbaumassen bietet sich der Aggregatzustand der Materialien dar. Eine demgemäß Einteilung in Gasiges, Flüssiges und (in gewöhnlichem Sinne) Festes findet ihre *geologische Verkörperung* wie allbekannt in der Atmosphäre, Hydrosphäre und Lithosphäre, sowie in der die letztere unterlagernden und sie örtlich durchdringenden Magmenzone. Der Tiefenkörper der Erde kommt bei tektonischen Ereignissen nicht in Betracht; als Objekt solcher Geschehnisse handelt es sich lediglich um die aus Luft, Wasser, Gestein und Schmelzfluß bestehende Haut der Erde. Sie ist in einer Stärke von etwa 120 km. anzunehmen, entsprechend der errechneten Tiefenlagerung der Ausgleichfläche.

Das *beherrschende Moment* für das Gleichgewicht dieser peripheren Bauzone der Erde ist deren gewaltiges, zentripetal

wirkendes Schwerefeld. Dem entspricht die allgemeine Kugelform der Erde. Modifizierend wirkt hierauf die zentrifugale Kraft der Erdrotation. Es herrschen hier also nicht rein isostatische, sondern isodynamostatische Gleichgewichtsverhältnisse; sie erhalten ihren Ausdruck in der rotationellipsoidischen Erdgestalt in Form einer radial 22 km. betragenden, die Gebirgs Höhen mithin wesentlich übersteigenden äquatorialen Auswölbung. Als tektonischer Effekt der Stellung der Erde im Sonnensystem tritt eine tägliche, pulsierende Dislokation insbesondere der Hydrosphäre in Form von Ebbe und Flut hinzu.

2.

Der Entwicklungsgang der Erde bringt wie in früheren Zeiten auch jetzt noch *Störungen* des *Gleichgewichts* mit sich. Bei Anerkennung des KANT-LAPLACE'schen Grundzuges der sterngeschichtlichen Entwicklung unseres Planeten ist seine Kontraktion zufolge einer durch manche Umstände verzögerten Abkühlung der tieferen Erdschale eine physikalisch naturgemäße Annahme. In dieser Zusammenziehung erscheint auch mir ein ursächliches Hauptmoment der Dislokationen in der äußersten festen Erdzone zu liegen; sie selber ist seit langen geologischen Perioden thermisch kompensiert (derart, daß seit dem Cambrium die Streuungsweite der Temperaturschwankungen auf der Lithosphäre das geringe Wärmeintervall, das die Existenz von Organismen und Wasser verlangt, nicht übertraf). Die äußere Lithosphäre erfuhr also seit jenen alten geologischen Zeiten keine endogene Kontraktion, aber als schwer auf den tieferen sich zusammenziehenden Massen ruhende Zone mußte sie zufolge dieses Auflastens beim Nachgeben an das zentripetale Moment Dislokationen erfahren. Zu diesen Störungsumständen im Gefolge der Kontraktion tritt die Mannigfaltigkeit der Veränderungen in der Verteilung von Erdbau massen, die in dem großen Akte der Verfrachtung fester, flüssiger auch gasiger Stoffe als Abtragung von Hochgebieten, Entstehen und Vergehen von Inlandeis, Verlegung magmatischer und hydrosphärischer Massen und anderes mehr sich vollziehen. Kontraktionstheorie und Isodynamostasielehre sind nach meinem Dafürhalten physiologisch ineinander wirkend zu verknüpfen.

3.

Als *Grunderscheinungen der mechanischen Effekte* bieten sich Bruchtektonik, Faltungen, Deckenschübe und Strömungen dar. Sei zu letzteren vermerkt, daß es sich um eine Verlagerung des Materials als Ganzes und in Teilen handelt, die bis zu molekularer Masse herabgehen können. Solche Dislokationen sind wie allbekannt typisch für gasige, glut- und kaltflüssige Massen. Man kann die Erscheinung physikalisch aber nur als das eine Extrem einer durch Übergänge innerlich verknüpften Erscheinungsreihe vom geologischen Bruch bis zur leptonischen Verschiebung ansehen.¹ Auch bei festen Stoffen sind Strömungen bei Translationsmöglichkeiten und auch durch allgemeine innere Verschiebung nicht ausgeschlossen.

Versuche sind zum Überblick dieser Erscheinungsreihe vom Bruch bis zur feinbau-



Fig. 1. Holzkugel gepreßt, mit regelmäßigen Rissen.

lichen Bewegung von Interesse. Sei in der Hinsicht zunächst auf die MOHR'schen Linien als den Ausdruck für regelmäßig zweischarig-rhythmischa Rißlokalisierung hingewiesen. Für die Betrachtung des Erdganzen haben Experimente an Kugeln Bedeutung. Ich stellte sie an solchen aus Holz an. Sie lassen bei „N—S-Druck“ die Regelmäßigkeit einer Bruchbildung im SO—NW, NO—SW und N—S-Verlauf der Risse gut erkennen. (Fig. 1.)

Unter den Bedingungen allseitigen Eingeschlossenseins eines mechanisch beanspruchten Probekörpers erwies sich der Kalkspat als ein interessanter Stoff der in Rede stehenden

¹ Es ist dabei auch zu bedenken, daß die Wahrnehmung von Diskontinuitäten von der Beobachtungsart abhängt. Risse mit Dimensionen unter der halben Wellenlänge des Lichts können auch im Mikroskop nicht mehr erkannt werden.

Reihe¹. Klare Spaltstücke des Materials werden beim Versuch undurchsichtig weiß, zum Zeichen, daß sie von feinen Diskontinuitäten durchzogen sind; im übrigen erscheinen sie in eigenartiger Weise mehr oder minder zusammenhängend deformiert. Ebenso verhält sich unter den Salzmineralien der Carnallit². Bei beiden Stoffen ist es bedeutsam zur Erläuterung der an ihnen zu beobachtenden halbplastischen Erscheinungen, daß sie sich durch Zwillingsgleitung auszeichnen.

Eine höhere, dem leptonischen Fluß noch näher kommende Stufe nimmt das durch sechsfältige Translationsmöglichkeit gekennzeichnete Steinsalz ein³. Es bleibt bei Deformationen oben geschilderter Art beachtenswerterweise klar durchsichtig und läßt sich unter den erwähnten Umständen aus der Würfelform heraus scheibenförmig deformieren, bruchlos wirr hin und herfalten und förmlich kneten; insbesondere wenn, wie Milch zeigte, eine gelinde Temperaturerhöhung zu Hilfe kommt⁴. Von mir studierte röntgenographische Lauendiagramme⁵ von sattelförmig gebogenen Steinsalzplatten ergaben in polychromatischer Strahlung Photogramme nach Art der E. SCHIEBOLD'-

¹ F. RINNE, Beitrag zur Kenntnis der Umformung von Kalkspatkristallen und von Marmor unter allseitigem Druck, N. Jahrb. f. Min. 1903, I, 160. S. auch F. RINNE, Gesteinskunde 8.9. Aufl. 1923. S. 30.

² F. RINNE, Über die Umformung von Carnallit unter allseitigem Druck. v. Koenen-Festschrift 1907. S. 369.

³ F. RINNE. Plastische Umformung von Steinsalz und Sylvin. N. Jahrb. f. Min. 1904, I, S. 114. S. auch F. RINNE, Gesteinskunde 8.9. Aufl. 1923, S. 28. F. RINNE, Natürliche Translationen an Steinsalzkristallen. Z. f. Kristallogr. Bd. 50, S. 259, 1912.

⁴ L. MILCH, Zunahme der Plastizität von Kristallen durch Erhöhung der Temperatur. N. Jahrb. f. Min. 1909, I. S. 60.

Die Kunst des Schmiedens zum Glühen erhitzen Eisenstücke beruht auf der entsprechenden Begünstigung des Gleitvermögens durch die Temperaturerhöhung. Wie ja auch bei Flüssigkeiten die Herabsetzung der inneren Reibung durch Wärmesteigerung eine große Rolle spielt. Die Beobachtung des Ausfließens von heißem Wasser einerseits und kaltem Wasser anderseits aus zwei gleichen Trichtern und die Feststellung der wesentlich kürzeren hierbei verbrauchten Zeit bei heißem Wasser zeigt das auf lehrhafte Art.

⁵ F. RINNE, Beiträge zur Kenntnis der Kristall-Röntgenogramme. Ber. Sächs. Ges. d. Wissensch. Leipzig, Bd. 67, S. 303, 1915.

schen Drehspektren, zum Zeichen, daß unter den Umständen des Experiments keine Diskontinuität im Feinbau erkennbar ist. Es lassen sich also am Steinsalz (auch am Sylvian) die Erscheinungen eines Strömens fester Körper erkennen. Bei einer schicklichen Abänderung der Versuchsbedingungen kann man den Effekt umwandeln in ein Abfließen unter Ausströmen durch einen Kanal: eine Steinsalzplatte die unten und seitlich von einem Eisenbehälter fest umschlossen ist und mittels einer durchbohrten Druckplatte von oben gepreßt wird, zeigt das sehr gut. Das Salz strömt unter Dickenverminderung durch die Bohrung ab, wobei im Experiment naturgemäß Brucherscheinungen wieder auftreten können.¹

Von Interesse sind auch Erscheinungen des *Verschweissens* von Steinsalz- oder Sylvianbruchstücken, die man locker auf der unteren wagerechten Backe einer Presse anhäuft und von oben zusammendrückt. Die Salze für sich oder auch ein Gemenge beider fügen sich dabei zu leidlich festen Platten zusammen², ja es lassen sich lockere Salzgemenge durch kräftigen Druck in einer Hülse zu außerordentlich kompakten Zylindern pressen. Durch röntgenographische Untersuchungen ist es im übrigen festgestellt, daß sich solche mechanischen Gemische durch Verreiben gewissermaßen feinbaulich verzähnen, d. h. in Form isomorpher Mischungen ineinander wandern.

4.

Neben den Versuchsergebnissen haben *geologische Beobachtungen* für die vorliegenden Erwägungen eine besonders hohe Bedeutsamkeit, wobei eine *Tektonik der Atmosphäre* die der Lithosphäre zu ergänzen vermag. Geophysiker wie DOVE, MAR-GULES, BJERKNES (Vater und Sohn) haben uns die Beobachtung und Deutung in diesem Falle abgenommen; sie arbeiteten ein Schema des Atmosphärenbaues und seiner Dislokationen aus,

¹ F. RINNE, Die geothermischen Metamorphosen und die Dislokationen der deutschen Kalisalzlagerstätten. Fortschr. d. Mineral. Bd. 6, S. 101, 1920. S. auch F. RINNE, Gesteinskunde, 8.9. Aufl. 1923. S. 293.

² F. RINNE, Entstehung der kieseritischen Sylvinalite. N. Jahrb. f. Min. 1916, I, S. 1.

das mit seinen Unter- und Überschiebungen, Faltungen, geraden und wirbeligen Strömungslinien einen durchaus geologischen Charakter besitzt. In Fig. 2 ist ein von BJERKNES gegebener Schnitt durch seine Böen- und Kurslinien zu einer perspektivischen Darstellung verarbeitet.

Das Schema würde den aerotektonischen Umständen vielleicht noch mehr gerecht, wenn die Schneide des Unterschiebungskalles wulstförmig erhöht würde und die Unter- wie Überschiebungsflächen mit weit flacherem Generalfallen ausgestattet würden¹.

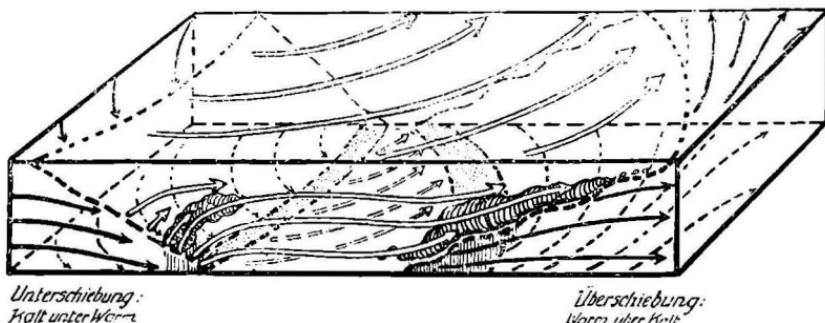


Fig. 2. Unter- und Überschiebungen der Atmosphäre.

Die Tektonik der *Hydrosphäre* mit ihren Ausgleichströmungen und Übereinanderhinweggleiten warmer und kalter Wassermassen unter Faltung der Grenzflächen wird voraussichtlich später einmal ein geologisches Parallelstück zum Atmosphärenbau geben.

5.

Das Schwergewicht der Betrachtung über die Tektonik liegt für den Petrographen und Geologen natürlich in der *Lithosphäre*.

Mit der Entstehung einer starren Panzerung aus dem Schmelzfluß trat die Erde in den physikalischen Zustand der Möglichkeit dauernder peripherer *Rißbildungen*. Die mit der

¹ Die häufigen sogenannten Wogenwolken stellen die Streichungslinien von Luftschichtensätteln dar; in ihnen haben sich die in den Antiklinalen befindlichen Wasserdämpfe zu Wolkenstreifen kondensiert.

Kristallisation verbundene Kontraktion mußte eine Veränderung der Abkühlung und Erdrotation zur Folge haben. Es entspricht das einer mechanischen Beanspruchung in Richtung der Rotationsachse. Damit kam der Erdball in die Umstände des oben erwähnten an der Kugel vollzogenen Experiments. Schrägzonen stärkster Beanspruchung konnten zur Bruchbildung führen, wobei die aus der turbulenten Urzeit herrührenden Ungleichmäßigkeiten des Erdbauens lokalisierend wirkten. Absenkungen von schwereren Schalenteilen unter entsprechender Verdrängung der unterlagernden Magmenmassen, die seitlich abströmten und die Nachbarregionen hoben, riefen ein Erdrelief mit seinem Wechsel von leichteren kontinentalen Hoch- und schwereren ozeanischen Niedergebieten hervor. Zwar wird man bei der Mannigfaltigkeit späterer Sedimentbedeckung die Narben solcher alten MOHR'schen Erdlinien nicht mehr in auffälliger Bekundung erwarten können. Indes will es beim Überblick der paläogeographischen Umstände scheinen, als ob die Bruchsysteme früherer Zeiten im wesentlichen beibehalten wurden. Die heutigen Rißsysteme in SO—NW, NO—SW, N—S, gleichwie auch O—W- Richtung haben wohl einen alten Sinn. Bei einer starken Verlagerung der Erddrehachse hätte der äquatoriale Wulst mitwandern und neue Bruchsysteme hätten sich bilden müssen, welche die alten tektonischen Formen durchschrägen. Das ist ersichtlich nicht in dem Maße der Fall, daß man Erdachsenpendulationen in weiten Ausmaßen annehmen könnte. Beim Überblick beispielsweise des deutschen Landes mit seinen Bruchlinien aus paläozoischer und neozoischer Zeit treten die Beanspruchungssysteme gleichgerichtet heraus.

Die Großformen der *Faltungen und Deckenschübe* im Erdbilde werden dem physikalischen Verständnis am ehesten näher gebracht in der Vorstellung, daß es sich in ihrem Areal um tektonische Schwächefelder handelt. Ihre Faltungen entwickelten sich in Bandform bei dem Andrängen starrer Schildblöcke unter Beteiligung eindringender Teile der unterlagernden Magmenzone. Gerade die Großartigkeit der Faltungs- und Überschiebungsscheinungen ist der Ausdruck besonderer tektonischer Schwäche des Schauplatzes, auf dem sie sich herausbildeten. In sich stärker struierte Erdbauteile widerstehen dem tangen-

tialen Druck weit mehr und schließlich wie bei den Schilden bis zur völligen Unnachgiebigkeit. Eine von F. KOSSMAT entworfene Skizze¹ von Großfaltungen der Erde unter dem Einfluß sich gegeneinander bewegender Schildmassen scheint mir die Verhältnisse glücklich zum Ausdruck zu bringen. Die physikalische Möglichkeit für solche Faltenzüge zwischen starren Schilden liegt in der Gliederung der peripheren festen Erdschale in Areale, deren Massen auf plastisch verschiebbarem Tiefenmaterial ruhen. In dem Sinne erscheint eine Bewegung starrer auf der Magmenzone schwimmender Felder unter dem Einfluß der die Polflucht begünstigenden Erdrotation und der Magmenströmungen verständlich. Die geosynkinalen sedimentefüllten Zwischenstreifen bilden zufolge ihrer petrographischen Natur den physikalisch gegebenen Bezirk für den angestrebten Ausgleich durch Faltung. Wie bei den oben besprochenen Absenkungen und Hebungen an Brüchen wird man auch hier in großen Zügen im Allgemeinen eine Permanenz der Erscheinungen durch die Erdgeschichte hindurch erwarten dürfen. In der Generalgleichzügigkeit alter und junger weitziehender Faltungen liegt sie in der Tat wohl vor. Natürlich verengt sich dabei der geosynklinale Schauplatz der Faltung durch das Hineinwachsen der Schildblöcke zufolge der Angliederung von gefalteten Zonen, bei symmetrischer Lage dieser kokardenartigen Anwachsstreifen bis zum völligen Verschwinden eines noch faltbaren Bezirks. Im Verlaufen der Faltenzüge könnten sich die Erdbruchsysteme in bogenförmig verrundeter Form MOHR'scher Systeme darstellen.

Hinsichtlich der geologischen Beobachtung von *Strömungen fester Massen* ist es bekannt, daß sich in Kohlenflözen, Ton- schiefern, Kalksteinen, selbst in Kieselschiefern zuweilen als Begleiterscheinungen der Faltung sehr eigenartige innere Materialverschiebungen einstellen, welche ein Anschwellen der Mächtigkeit an den Umbiegungsstellen und eine Verjüngung der Faltenschenkel zuweilen auf ein Nullmaß mit sich brin-

¹ F. KOSSMAT, Die mediterranen Kettengebirge. Abh. Sächs. Akad. d. Wissensch. Bd. 38, II, S. 3, 1920.

gen. Bei Salzen stellt sich das in extremer Art ein. So ist nach H. STILLE im Schacht Riedel der Lüneburger Heide eine normalerweise 70 m. mächtige Schichtenfolge auf 2 m. ausgewälzt, interessanterweise unter Erhaltung aller Horizonte mit Ausnahme des spröden Anhydrits, der zerbrochen wurde.

Auf eine eigenartige Begleiterscheinung machte E. SEIDL¹ aufmerksam; er fand z. B. am Schönebecker Vorkommen, daß an die Umbiegungsstellen besonders das Salz hingekquetscht wurde, der Anhydritgemengteil der Salzmasse an den Flanken der Falten zurückblieb, ein Vorgang, der förmlich an das fließende *Ausquetschen* von Wasser aus einem nassen Schwamm erinnert. Im übrigen macht sich ein Salzströmen in physikalisch außerordentlich interessanter Weise in den sog. Ekzemen geltend. Wie es auch sonst bei plastischen Stoffen, etwa Erdwachs, Ton, Eis oder Wasser geschieht, setzte der Hangenddruck, wie insbesondere HARBORT betonte, das Salz des Zechsteins in Ausweichungsbewegung und zwar in aufsteigender Richtung unter beständigem Nachfluß von den Seiten her. Offenbar spielt dabei das geringe spezifische Gewicht des Salzes im Vergleich zu seinen Nachbargesteinen eine Rolle worauf bereits LACHMANN und ARRHENIUS hinwiesen. In dem beweglichen Gesteinsverbande haben die gewichtigen Massen das Bestreben einzusinken, die leichten die Tendenz, als Schwimmer aufzusteigen. Der Hangenddruck bringt das plastische Salz, sofern eine Ausweichungsmöglichkeit vorliegt, zu innerem Hinströmen nach der Abflußstelle der Lagerstätte. Es steigt hier injektionsmäßig empor. Demzufolge wandern Salzmassen im festen Zustande aus ihrem Ablagerungsgebiete aus, um in tektonisch widerstandsarmen Zonen gelegentlich tausende von Metern emporzudringen. Sie stehen nun gangförmig, sei es in Form vertikaler Stielgänge, sei es als Plattengänge zwischen den Nebengesteinen an. Das Hangende des sich nach und nach entleerenden Salzabflußgebietes wird mehr oder minder tektonisch unversehrt nachsacken oder, und zwar insbesondere an den Flanken des Ekzems, staffelförmig disloziert, z. T. wird es

¹ E. SEIDL, Salzlagerstätte im Graf Moltke Schacht. Archiv f. Lagerstättensforschung d. Preuß. Landesanstalt. Heft 10, 1914.

hier als Breccie von aufsteigendem Salze mitgenommen. Die Verteilung der Injektionshorste ist zuweilen entsprechend der Bruchtektonik des Hangenden reihenförmig. Das petrographische Gefüge dieser Salzinjektionen mit ihrem an Fluidaltexturen der Eruptive oder an Strömungsbildern trüber Flüssigkeiten erinnernden Schlingwerk von wirren Faltungen, Wirbeln, Abschnürungen, Stauchungen und inneren Abschiebungen der Massen von einander entspricht ganz der ausgesprochenen Plastizität ihres Hauptmaterials, des Steinsalzes. Besonders in Rundhorsten sind die schlieflichen Dislokationen oft sehr wirre bei plattenförmigen Salzrücken nähert sich die Tektonik, wie zu erwarten, gelegentlich der von Faltenzügen.

6.

Wenn auch der gestaltliche tektonische Effekt bei Sedimenten in Ansehung der Aufrichtungen, Faltungen und Brucherscheinungen ihrer Schichten von den Lagerungsformen der Eruptive sehr verschieden ist, so gehört das Empordringen *magmatischer Materialien* als Ortsveränderungen von Erdbau-massen dennoch in die allgemeinen Betrachtungen über geologische Dislokationen. Die magmatischen Materialien werden von den das Erdgleichgewicht anstreben den Kräften wie die festen Gesteine gepackt. Ähnlich dem plastischen Salze folgen sie als mobile Stoffe einem tektonischen Zwange eher und länger, aber dabei natürlich unter andersartiger tektonischer Formentwicklung als die starren Gesteine.

In diesem Zusammenhange sei ein Hinweis auf die in Fig. 3 dargestellte petrographische Skizze Sachsens gestattet als eines Landes, das für die in Rede stehende Magmentektonik typisch erscheint. Die varistische Verlagerung der Schmelzflüsse und Gesteine¹ hat hier ein *Vorspiel* im Heraufdringen von Einschüben, Ejktionen und Ergüssen der Diabasmagmen des Vogtlandes (Db). Es folgt nun der *Hauptakt*, der sich zu einer *Starkstreußphase* entwickelt, und sich in Faltungen, Schubdeckenpackungen und Verwerfungen bekundet. In seinem

¹ F. RINNE, Gesteinskunde, 8. Auflage. Titelfigur S. VIII.

orogenetischen Kerngebiete kommt es zu plutonischmigmatitischen Arealintrusionen, die zudem unter der Gunst des Stresses eine weitgreifende durchbewegte Glimmerschiefer- Phyllit- Kontaktmetamorphose hervorriefen. Es handelt sich dabei um die stressitischen kristallinen Schiefer und die silikatischen, marmorischen und Schwermetall-führenden Einlagerungen des Erz-

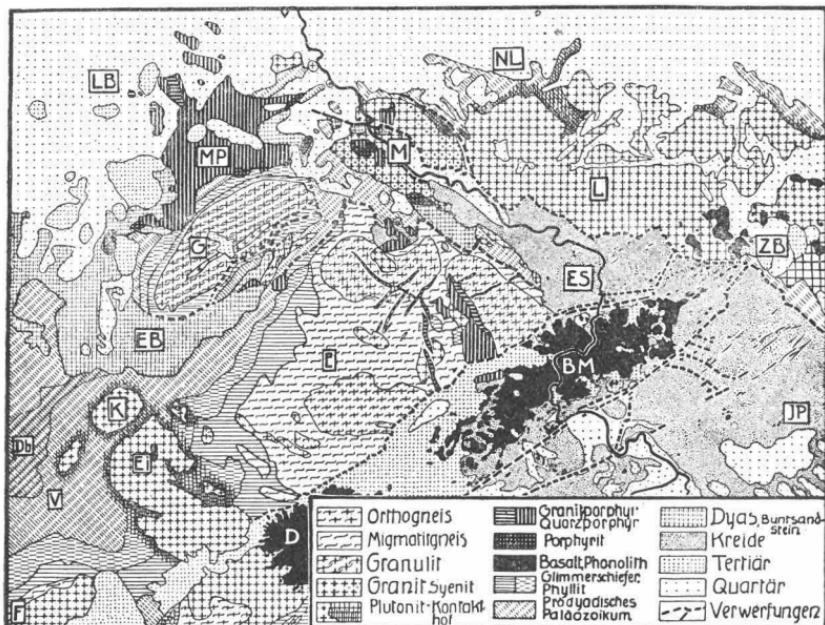


Fig. 3. Gesteinskundliche Übersicht Sachsen.

LB = Leipziger Tertiär-Diluvium-Bucht. *NL* = Niederlausitzer Tertiär-Diluvium-Bucht. *MP* = Muldenporphyrgebiet. *M* = Meissener Granit-Syenit-Massiv. *L* = Lausitzer Granitmassiv. *G* = Granulitgebiet. *ES* = Kretazisches Elbsandsteingebiet. *ZB* = Zittauer Tertiär-Diluvium-Gebiet. *EB* = Erzgebirgische paläozoische Bucht. *E* = Kristalline Schiefer des Erzgebirges. *D_b* = Diabasgebiet des Vogtländes. *K* = Kirchberger Granitmassiv. *Ei* = Eibenstocker Granitmassiv. *D* = Duppauer Vulkanitgebirge. *BM* = Böhmisches Vulkanitgebirge. *JP* = Kretazische Iserplatte.

gebirges. Die Kristallisation unter starkem Zwange lieferte eine ausgeprägte Abbildung der kinetischen Verhältnisse. Auch nach der Erstarrung, also am festen Gestein, äußerte sich der Stress in mächtiger Wirkung in Form von Deckenpackungen, Ineinanderschieferungen der Gesteinsmassen und im texturellen Ausdruck der Massenbewegungen bis in die mikroskopischen Dimensionen. Die Augentextur, im großen der linsenförmigen Einlagerungen, im kleinen der flaserigen Schiefergesteine, wird

man mit K. H. SCHEUMANN in manchen Fällen als das Abbild der nach dem HELMHOLTZ'schen Prinzip zu erwartenden Wellenlagerung der sich durcheinander bewegenden Massen auffassen können.

Die anschließende tektonische schwach- oder unstressitische Phase führt zu nicht migmatitischen Intrusionen von mehr oder minder deutlich fluidalen, plutonischen Großlagern und zu Lagergängen, wie man sie in den westerzgebirgischen Graniten, Meißener Syeniten und im Lausitzer Granit vor sich hat. Sie sind von normalen astressitischen Kontakthöfen begleitet, deren Schiefergesteine lediglich das Abbild der sedimentären Textur sind. Ein *vulkanisches Nachspiel* mit seinen spät paläozoischen Durchbrüchen, Ejektionen und Ergüssen in Art der Plutonitporphyre, Gangschizolithe, Melaphyre, Porphyrite und Quarzporphyre beendete den großen einheitlich aufzufassenden varistischen tektonischen Akt am Material der Lithosphäre und der unterlagernden Magmenzone.

7.

Die bislang unbekannte¹ *allgemeine physikalische Erklärung für die geologische Periodizität der tektonischen Ausgleichsbewegungen* wird man meines Erachtens in der physikalischen Natur des betroffenen Materials suchen müssen. Wie bei allen Deformationen und Dislokationen kommt es in den beanspruchten Materialien zu einem Spannungszustande. Um ihn tektonisch auszulösen, bedarf es einer bestimmten Erhöhung dieser latenten Wirkung, die nach dem inneren Widerstand des Materials verschieden ist. Gase und gewöhnliche Flüssigkeiten gleichwie plastische Gesteine folgen (natürlich tektonisch abgestuft) bereits geringen Beanspruchungen. Die gewöhnlichen Sedimente oder eingebettete Eruptivlager müssen (gleichfalls nach Art abgestuft) ein sehr viel beträchtlicheres Maß von Spannung in sich ansammeln, ehe sich an ihnen der mechanische Zwang als Faltungs- oder sonstiger Dislokationseffekt auslöst. Bei stark in sich verfestigten Massen wie batholithischen

¹ H. STILLE, Die Schrumpfung der Erde, 1922.

Arealen prägt sich der Effekt lediglich in MOHR'schen Systemen aus, oder er unterbleibt ganz. Auch in dieser Hinsicht sind die Salze von besonderer Lehrhaftigkeit. Als sehr mobilem Material wohnt ihnen ein weit leichteres Dislokationsvermögen inne als ihren starren Nachbarn im Liegenden und Hangendem. Sie schieben sich von beiden ab, eilen nach einem Ausdruck von H. STILLE, falls auch die Nebengesteine in tektonische Bewegung kommen, als Kern eines Sattels den hangenden Schichten in komplizierten Schlingen gewissermaßen voraus und durchspießen und durchfluten die Hindernisse. Daß sie in ihrem tektonischen Zwangszustande fähig sind, auch ohne Begleitung durch schwerfällige Gesteinmassen emporzudringen, zeigen die erwähnten Ekzeme. Die Salze pressen sich im Hangenden empor bis etwa der fluidale Auftrieb durch die Ekzemhöhe kompensiert wird oder sie auf einen undurchdringlichen, etwa transgredierenden Riegel treffen, der ihrem Marsche nach oben Halt gebietet. Bei ihrer großen Mobilität sind sie, vergleichbar dem Wasser, in ihrer Dislokation an keine bestimmte gebirgsbildende Periode gebunden. Im Gegensatz dazu treten bei gewöhnlichen Gesteinen die tektonischen Auslösungen erst nach einer jeweiligen beträchtlichen Aufsummierung der Spannung ein. Dem Auslösen ihrer potentiellen Energie entsprechen die orogenetischen Perioden der geologischen Erdgeschichte. Caledonische, varistische, alpidische Dislokationen sind die naturgemäß periodischen Auslösungen der physikalischen Zwangszustände der betroffenen Erdbaumaterialien.

Der Rhythmus dieser orogenetischen Erscheinungen im Sinne des STILLE'schen Gleichzeitigkeitsgesetzes widerspricht im übrigen weder der Kontraktionstheorie noch der Lehre von der Isostasie. Es löst sich eben das beiden zu Grunde liegende ständige Moment des Schwerefeldes zeitlich und örtlich periodisch aus, soweit es Dislokationen der gewöhnlichen Sedimente betrifft. Bezieht man entsprechend den Salzströmungen die magmatischen Verlagerungen, wie oben als nötig hingestellt wurde, in die Erscheinungen der Dislokation von Erdbaumassen ein, so werden die zeitlichen Diskontinuitäten noch inniger durch Zwischenakte verknüpft. Es entspricht das der ständigen Wirk-

samkeit des ursächlichen geotektonischen Momentes, der Schwere, die sich sowohl im Falle der Kontraktions- als auch der isostatischen Erscheinungen betätigt. Wie Salze so geben Magmen zufolge großer Beweglichkeit den Ursachen weit eher und damit häufiger nach als die starreren Sedimente. Sie werden nicht nur in den orogenetischen Zeiten der Dislokation von Sedimenten mit letzteren in Bewegung gesetzt, sondern auch in deren Ruhezeiten.

Indes ist dabei als wichtiges Nebenmoment zu bedenken, daß die Massen der peripheren Magmenzone, wenn sie auch physikalisch den leicht beweglichen Materialien gleichzustellen sind, zufolge einer Tiefenlage eine für den ständigen tektonischen Vollzug ungünstige Position haben: sie werden durch das Hangende im allgemeinen stark abgeriegelt, also am Marsche nach oben wesentlich gehindert. Beginnen die festen Gesteinsmassen, welche die Magmenzone überlagern, sich tektonisch zu regen, so ist es leicht verständlich, daß letztere als besonders mobile Materialien ersteren voraneilen und ein magmatisches Vorspiel auf der Erdoberfläche eröffnen. Dabei werden im allgemeinen in erster Linie die tieferen, leichtbeweglichen basischen Schmelzflüsse in die höheren Regionen passiv aufsteigen. Im Hauptakte der tektonischen Faltungsgeschehnisse spielen die magmatischen Intrusionen eine große Rolle und es ist nach ihrem physikalischen Wesen erklärlich, daß sie auch oft in ausgiebiger Weise das Schlußspiel tektonischer Episoden darbieten.

8.

Alles das kann sich ganz wie bei den dislozierten Sedimenten ohne eine endogene Aktivität der Eruptive ereignen. Sie folgen dann einem in sie von außen verpflanzten tektonischen Zwange. Eine endomagmatische Ursache ihres Aufsteigens ist aber im Gegensatz zu den sonstigen Gesteinen den Magmen nicht ganz fremd. Sie betätigt sich bei fortschreitendem Vorgange der Kristallisation und Erhöhung der Dampfspannung wie bekannt in den selbstmotorischen tektonischen Erscheinungen der Explosionsrohre und verwandter Vorkomm-

nisse. Hinzu kommt das Emporreißen von Magmenmassen bei plötzlicher Auslösung von Dampfspannung zufolge einer Druckentlastung, wie beim Aufreißen von Spalten. Es ist nicht uninteressant, daß ein Analogon bei Salzen aus den Lagerstätten der Rhön bekannt ist, wo sich durch plötzliches Entbinden von Kohlensäure aus dem Salz sehr ausgedehnte Explosionsrohre herausgebildet haben¹.

¹ K. BECK, Kohlensäureausbrüche im Werragebiete der deutschen Kalisalzlagerstätten. Kali, Bd. 6, 125, 1912.