



1955/22

Bemerkungen zur Erdtektonik unter Verwertung von Erfahrungen an deutschen Salzlagerstätten.

Von Friedrich Rinne in Leipzig.

(Mitteilung aus dem Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Leipzig. N.F. Nr. 175.)

I. Die allgemeine Tektonik der deutschen Salzlagerstätten.

1. Dem Studium der bergmännisch in unübertroffener Großartigkeit aufgeschlossenen deutschen Salzlagerstätten verdanken Petrographie und Geologie bereits mannigfache Impulse. Wenn nun hier versucht werden soll, die Salzlagerstättenkunde auf das Problem einer Mechanik der Erdtektonosphäre sich auswirken zu lassen, so sei nicht verkannt, daß eine Gleichmäßigkeit der Ansichten über Salztektonik noch nicht besteht. Der Verfasser legt in der Hinsicht hier seine persönliche Auffassung dar in der Meinung, vielleicht ausgleichend und bezüglich allgemein erdtektonischer Verhältnisse anregend wirken zu können.¹⁾

2. Die morphologischen Typen der in Rede stehenden Salzlager sind durch Übergänge verknüpfte Gestaltungen von flachlagernden Schichten, schubdeckenartigen Falten, Sattel- und Muldenkernen und von dom- oder mauerartigen Horsten.

Das Gefüge der lagerungsgestörten Salzmassen ist mechanisch von Interesse, insbesondere durch im großen wie im kleinen in oft sehr ausgeprägter Form zu beobachtende Stauungen und Auszerrungen; sie bringen bei Falten vielfach ein gewaltiges Anschwellen der Schichtenmächtigkeiten und eine entsprechende Verjüngung von Faltschenkeln, zuweilen auf ein Nullmaß, mit sich. Den Salzlagerstätten einst zwischengeschaltete Anhydritschichten werden dabei zuweilen in Teilstücke zerrissen vorgefunden, die vom Salz förmlich umflutet erscheinen. Den Untersuchungen von H. Everding, H. Stille, E. Seidl u. a. verdankt man die Kenntnis

besonders lehrhafter Beispiele solcher salinischer Fluidaltexturen. Sei in der Hinsicht auch auf einen von E. Seidl hervorgehobenen interessanten Spezialumstand des Salzfließens hingewiesen. Der Genannte fand z. B. am Schönebecker Vorkommen, daß Steinsalz nach den Umbiegungsstellen von Falten hin gepreßt war, während der einst gleichmäßig lagenförmig eingeschaltete Anhydrit in den Faltenflanken relativ stark angereichert zurückblieb; ein Vorgang mechanischer Trennung von Gesteinsbestandteilen, der an das Ausdrücken von feurig-flüssiger Schlacke beim Quetschen von glühendem Schweißbeisen oder von Wasser aus einem nassen Schwamme erinnert. Die Erscheinung ist von salztektonischer Bedeutung, da sich eine solche mechanische Entmischung auch in großem Maßstabe vollzieht und dann den geologischen Bau von Salzlagerstätten wesentlich mitbedingt. In den von R. Lachmann sog. Ekzemen macht sich das Salzströmen gleichfalls in sehr drastischer Weise geltend. Solche Aufpressungshorste, die, sei es in Form von Stielgängen, sei es in Gestalt von Plattengängen zwischen ihrem Nebengestein, zuweilen (wie im Allertal) reihenförmig auf Salzlinien anstehen, besitzen ein petrographisches Gefüge, das mit seinen an Fluidaltexturen der Eruptivgesteine oder an Strömungsbilder trüber Flüssigkeiten erinnernden Schlingwerk von Faltungen, Wirbeln, Abschnürungen, Stauchungen, Zerrungen und nach der Art des Materials differenzierten Abschiebungen drastisch die Erscheinung eines fließenden Bewegens der festen Salzmassen zur Geltung bringt. Besonders in Rundhorsten sind die schlierigen Dislokationen oft sehr wirre, bei plattenförmigen Injektionsrücken nähert sich die Tektonik gelegentlich der von Faltenzügen. Dauernde Ribbildungen sind keine typischen Erscheinungen im Salz. In großzügiger, regionaler Form tritt die Stau- und Zerrungsform der Salze in geographisch weit ausgreifenden Profilen heraus, wie sie zuerst in dem Werke „Deutschlands Kalibergbau“ von F. Beyschlag und H. Everding entworfen sind. Kurzum, alle Erscheinungen deuten bezüglich des Aufsteigens der Salzlager aus der

1) Die vorliegenden Erörterungen sind ein mit einigen Figuren und einzelnen Vermerken versehener Abdruck aus dem Zentralblatt für Mineralogie 1924; der Inhalt entspricht den Darlegungen, die in der Auflagenfolge (1901 bis 1923) der Gesteinskunde des Verfassers verstreut sind und schließen sich einem von ihm am 12. 3. 1923 im Norsk Geologisk Forening in Kristiania gehaltenen Vortrag an. Die enge Zusammenfassung der Erwägungen in dieser Form möge es entschuldigen, daß hier nicht im einzelnen Stellung genommen wird bezüglich der erdtektonischen Studien außerordentlich zahlreicher Geologen und Geophysiker.

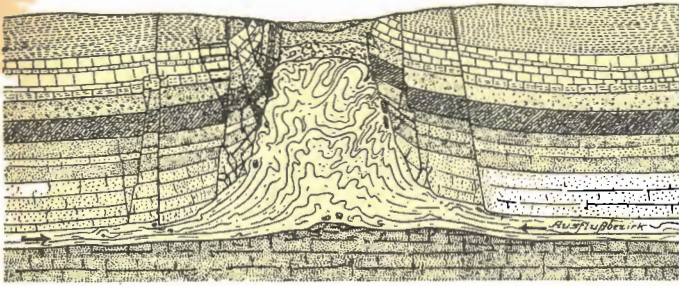


Fig. 57. Schema eines Salzkeuzems.
Aus F. Rinne, Gesteinskunde, 9. Aufl., 1923. S. 294.

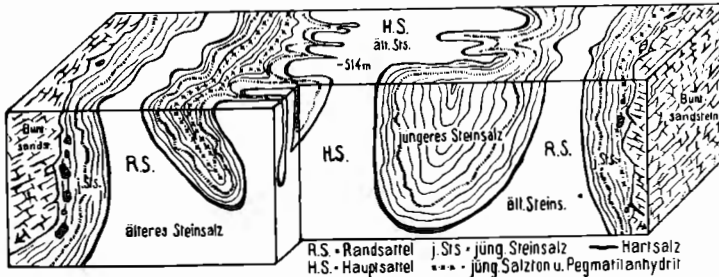


Fig. 58. Stereogramm des Salzlagers von Benthe b. Hannover.
Nach W. Stier, aus F. Rinne, Gesteinskunde, 9. Aufl., 1923. S. 294.

Tiefe auf mechanisch wirkende Kräfte hin, die an den festen, aber in kleinen und großen Packen verschiebbaren Salzmassen zu ungemein geschmeidigen fluidaltektonischen Ergebnissen führten.

3. Die im Vergleich mit den Ausmaßen der einzelnen Salzkörner zumeist sehr großen Dimensionen der geologischen Verlagerungsformen von Salzlagern bringen es mit sich, daß der tektonische Anteil, den das mineralische Individuum zum ganzen Effekt beiträgt, im allgemeinen nur klein anzusetzen ist, bei makroskopischer Betrachtung also wenig in Erscheinung tritt. Dennoch kann es in Ansehung einerseits der geschilderten Lagerungsformen der Salzmassen und andererseits der deutlich davon abweichenden Tektonik eingeschalteter, sowie als Hangendes und Liegendes dem Salz benachbarter Gesteine nicht zweifelhaft sein, daß die spezifischen, einzelmineralischen Kohäsionsverhältnisse der Salze von lagerungsgeologischer Bedeutung sind. Erfahrene Tektoniker, wie bereits A. v. Koenen, haben das nach Kenntnisnahme des besonderen Verhaltens von Steinsalz und Sylvinit auch alsbald gewürdigt. In dem Sinne sind also die mechanischen Experimente an Salzmineralien geologisch bedeutsam; sie bestätigen die obige Auffassung, entgegen der Annahme R. Lachmanns einer „autoplasten“ Wanderung des Salzes durch Auflösen und Absatz, durchaus. Steinsalz, das in Kupferhülsen unter Umgießen etwa mit festem Paraffin eingebettet ist, konnte von mir durch den Druck einer Presse beliebig umgeformt werden ohne trübe zu werden, d. h. ohne Ribbildungen wenigstens

mikroskopischer Breite zu erfahren. Selbst mit dem feinfühligsten Mittel der Röntgenstrahlung erkannten R. Groß und der Verfasser in günstigen Präparaten keine Brucherscheinungen, zumal dann, wenn, nach dem Hinweise von L. Milch, die Plastizität des Salzes bei Erhöhung der Temperatur (womit in tieferen Lagen der Erdkruste zu rechnen ist) beim Deformationsexperiment noch ausgeprägter war. Auch das Emporsteigen von Salzkeuzemen läßt sich durch Pressen von Steinsalz unter Gewährung der Möglichkeit des Abfließens von den Seiten des Präparates nach oben nachahmen.

Eingelagerte sprödere Massen, etwa zwischengeschaltete Platten von Glimmer, bleiben bei solchen Experimenten der Verquetschung z. T. in der Bewegung zurück, insofern das so sehr mobile Salz voraneilend sich von ihnen abschiebt; oder auch werden die Einschlüsse z. T. in zerstückelter Form vom Salzstrom mitgenommen.

Von Interesse sind weiterhin Erscheinungen des Verschweißens von Steinsalz- oder Sylvinitbruchstücken, die man locker auf der unteren wagerechten Platte einer Presse anhäuft und von oben zusammendrückt. Die erwähnten Salze für sich oder ein Gemenge beider fügen sich dabei zu leidlich festen Platten zusammen; in einer Hülse lassen sich lockere Salzgemenge durch kräftigen Druck sogar zu außerordentlich kompakten festen Zylindern pressen.

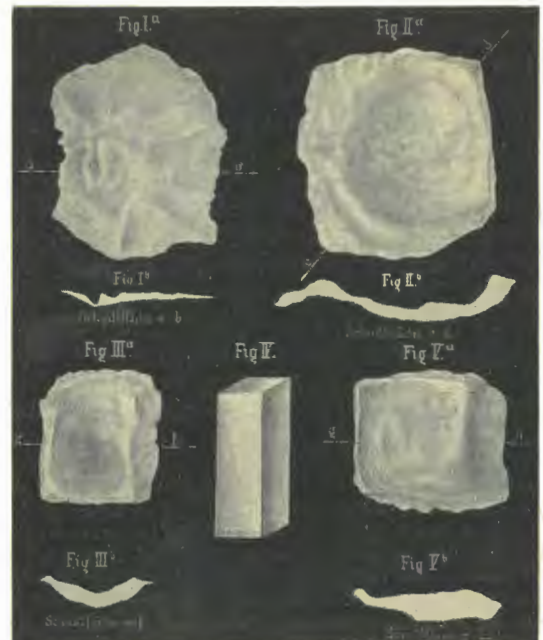


Fig. 59.
Steinsalz- und Sylvinitstücke, plastisch umgestaltet.
Aus F. Rinne, Gesteinskunde, 9. Aufl., 1923. S. 28.

Einen spröderen Charakter als Steinsalz oder Sylvit zeigten bei meinen Umformungsversuchen Carnallit und Kalkspat, denen zwar eine Zwillingsgleitung zukommt, die aber Translation vermissen lassen. Ihre zunächst klaren Proben werden bei den in Rede stehenden Deformationen undurchsichtig weiß zum Zeichen, daß sie von feinen Diskontinuitäten durchzogen wurden. Im gleichmäßig körnigen Kalkspataggregat des Marmors bilden sich bei der Druckbeanspruchung regelmäßige Risse in Gestalt Mohrscher Linien aus (Fig. 60). Und so erkennt man, daß hier eine Materialreihe vorliegt, die sich zwischen noch spröderen Stoffen wie etwa Quarz über Carnallit und Kalkspat (auch Anhydrit) zum Steinsalz als einem Gliede spannt, das sich (zumal bei Temperatursteigerung) den nach jeder Richtung bis zu molekularer Gliederung in sich verschiebbaren Schmelzen und Lösungen mechanisch nähert. Wie erhöhte Wärme wird auch der Faktor Zeit der Ausbildung salinarischer Fluktuation günstig sein.

II. Die tektonische Mittelstellung der Salzmassen.

1. Die allgemeine tektonische Bedeutsamkeit der im obigen kurz vermerkten Lagerungs- und Gefügeverhältnisse der Salzmassen liegt, wie es der Verfasser bereits früher öfter betont hat und es auch von anderen Salzforschern wie E. Harbort und H. Stille herausgehoben ist, darin, daß hier ein **Erdbaumaterial von mechanischer Mittelstellung** vorliegt. Durch die Art der geologischen Umgestaltung der Salze werden die scheinbar so heterogenen Erscheinungen bei den spröden „normalen“ Gesteinen einerseits und den plastischen Massen der Schmelzflüsse andererseits verknüpft und unter einheitlichen Gesichtspunkt gerückt; ja man kann die Spanne der Beziehungen materiell noch erweitern, wie unten erörtert werden soll.

2. Zunächst aber führen die Beobachtungen am Salz zu drei allgemein-tektonischen Vorstellungen.

a) Das Abfließen von Salz aus seinem Lagerungsbezirk und sein Aufsteigen in Ekzemform auch in ungestörte lockere Gesteinsfolgen, wofür nach den Darlegungen von K. Gripp das Vorkommen von Langenfelde ein besonders lehrhaftes Beispiel ist, deutet auf **Hangendruck** als ein Moment der Ortsveränderung von Erdbaumassen hin. Wenn auch die Gunst der Umstände, die solche unzweideutige Fälle voraussetzen, naturgemäß sich nur vereinzelt einstellt, so wird dadurch ihre Bedeutung für eine physikalische Betrachtung, die nach grundlegenden mechanischen Momenten sucht, nicht verringert. Derartige Erfahrungen müssen so viel wie ein Experiment gelten, das unter gut angepaßten Umständen ausgeführt, das Wesen eines Vorganges am wenigsten verschleiert erkennen läßt und auch verwickeltere Erscheinungen erklären hilft. In der Tat erscheint mir in Auswertung solcher Beobach-

tungen und physikalischer Überlegungen, wie E. Harbort und anderen, die ekzemische Form von Salzmassen in ungestörten oder nur in Salznähe dislozierten Bezirken als Wirkung des Hangendruckes mechanisch durchaus verständlich.

Wenn nun andererseits nicht zu verkennen ist, daß solche Injektionshorste durch Übergänge mit Salzmassen in Sattelkernen morphologisch verknüpft sind, so ist daraus nicht zu folgern, daß zur Erklärung der Salztektonik Hangendruck auszuschalten sei, sondern vielmehr, daß Seiten- und Hangendruck zusammenhängen und allgemein die Dislokationserscheinungen aus einem einzigen **erdtektonischen Umstände** abzuleiten sind.

Als solche allgemeine Ursache der Dislokationen in der äußeren Erdschale ist die zentripetale Tendenz des Schwerfeldes der Erde anzusehen. Druck des Hangenden auf das Liegende ist lediglich ein Parallelausdruck dafür. Seitendruck muß als abgespaltenes Moment der beherrschenden zentripetalen Generaltendenz angesehen werden. Er ist ihre oft komplizierte Folge, sei es etwa bei der Raumverengung in absinkenden Massen oder in Be-

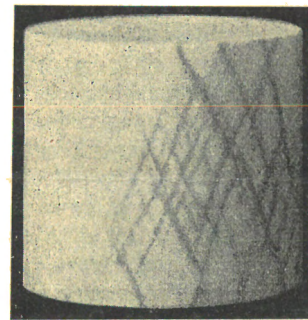


Fig. 60.

Marmorzylinder, gepreßt, mit Mohrschen Linien.
Aus F. Rinne, Gesteinskunde, 9. Aufl., 1923. S. 110.

zirken zwischen sich verschiebenden Schilden, sei es als Bekundung hydrostatischer Druckverteilung; sie stellt sich mit der Tiefe mehr und mehr ein und ist auch in passiv in die Gesteinsschale eingepreßten magmatischen Massen wirksam.

b) In dem allgemeinen Moment der zentripetalen Schwerewirkung als Druck des Hangenden auf sein Liegendes ist zugleich das Bestreben nach **Platz-austausch** für die Fälle einer unharmonischen Lagerung von leichteren Erdbaumassen unter schwereren enthalten. Letztere haben dann das Bestreben, ihr Liegendes zu unterteufen, erstere das Bestreben, als Schwimmer durch Auftrieb aufzusteigen. S. Arrhenius hat dies für die spezifisch besonders leichten Salze hervorgehoben.

c) Natürlich ist die **Schwere** ein durch alle Zeitalter der Erde bestehendes, also **ständiges tektonisches Moment**. Um dislokatorisch wirksam zu werden, bedarf es jeweils einer von der inneren Verschiebbarkeit des Materials abhängigen

Höhe der Spannung in letzterem. In der Hinsicht sind die „normalen“ Sedimentgesteine und die Salze sehr verschieden. Für die Salze genügt ein geringer mechanischer Zwangszustand zur dislokatorischen Auslösung. Da sie indes im allgemeinen von den sie umgebenden normalen Gesteinen am Ausbrechen aus der Gefangenschaft verhindert sind, so wird sich ihre Spannung öfter zunächst in Faltenschlingen und packenförmigen Verschiebungen im Salzkörper selber auswirken, ähnlich wie es bei Tonschiefern zwischen starren Grauwackenbänken beobachtet wird. Ist hingegen ein Weg durch das Nebengestein, etwa in Form von Bruchzonen im Hangenden, frei oder kann er durch die Salzspannung örtlich erzwungen bzw. geweitet werden, so können solche Salzmassen ihren Aufstieg ohne Begleitung der starren Nachbargesteine vollziehen.

Für letztere wird ein Dislokationseffekt erst bei weit größerer Beanspruchung, als sie für Salzverlagerungen nötig ist, erreicht und nach seiner Auslösung immer dann wieder, sobald das Spannungsmaß eine entsprechende Höhe gewonnen hat. Solchem rhythmischen Auslösen der latenten Energie an den normalen Sedimentgesteinen entsprechen die orogenetischen Zeiten der Erdgeschichte. Caledonische, varistische, alpine Gebirgsbildungen sind die naturgemäß periodischen, wahrscheinlich auch noch in sich rhythmisch gegliederten Betätigungen der physikalischen Zwangszustände der betroffenen Erdbaumaterialien.

Natürlich beteiligen sich auch die Salze an diesen „orogenetischen Akten“, und zwar oft in außerordentlich markanter Art, unter Abschieben ihrer Lagen vom Hangenden und Liegenden durch Voraneilen an die Front der Bewegung. Es besteht indes außer den Hauptzeiten der Orogenese mit ihrer energischen Lagerungsänderung für sie die erwähnte Möglichkeit, ohne die starren Normalgesteine in den Vorbereitungszeiten und nach dem Verklingen der orogenetischen Perioden emporzusteigen.

III. Allgemeine Tektonik der Lithosphäre.

1. Sei es nun gestattet, an Hand der obenörterten Auffassungen die physikalisch wichtigsten dislokatorischen Erscheinungen der ganzen Tektonosphäre im Überblick zu betrachten. Die Grunderscheinungen ihrer Verlagerungen liegen als Brüche, Faltungen, Deckenschübe und Strömungen vor. Zwecks deren allgemeiner Würdigung ist es erforderlich, den Bauplan der ältesten, in ihrer stergeschichtlichen Entwicklung bis zur oberflächlichen Verfestigung gelangten Erde, so weit er noch erschließbar erscheint, zugrunde zu legen.

Mit der Bildung einer festen Lithosphäre trat für die Erde die Möglichkeit der Bildung dauernder Risse ein. Wenn nun auch die erste Anlage eines solchen Panzers in Anpassung an die durch Rotation äquatorial sehr beträchtlich ausgewölbte Geoidform spannungsfrei erfolgte, so muß die weitere Verstärkung der Lithosphäre durch Abkühlung

unter Kristallisation, außer den Hergesellschen Druck- und Zugwirkungen, wahrscheinlich im Verein mit Änderung der Rotationsgeschwindigkeit der schrumpfenden Erde (vielleicht auch nach einer Meinung von O. Wiener durch Begünstigung der Ausstrahlung in polaren Bezirken) schon in frühen Perioden zu Spannungen in der äußersten festen Zone geführt haben, die Drücken in Richtung von Pol zu Pol entsprechen. Einem solchen Zustande ordnen sich Rißbildungen einerseits nach den Regeln der Mohrschen Linien zu, die man an gepreßten festen Körpern als Ausdruck für regelmäßig zweisehalig-rhythmische Schrägzonen stärkster Beanspruchung auch bei Kugeln vorfindet. Des weiteren sind meridionale und dazu quere Risse zu erwarten. Bei der Erdschale werden aus der turbulenten Urzeit herrührende Ungleichmäßigkeiten dabei lokalisierend gewirkt haben.

Von den solcher Art umschriebenen, auf der Magmenzone schwimmenden, also mit der Freiheit erdradialer (auch seitlicher) Bewegung ausgestatteten Schalentellen sanken die durch besondere Begünstigung ihrer zentripetalen Kristallisationsverdickung spezifisch am schwersten gewordenen am meisten in ihre magmatisch plastische Unterlage ein; sie brachten letztere somit im Platzaustausch zum seitlichen Abströmen unter Nachbarregionen, die im selben Akte in ein ihrer Schwere entsprechendes höheres Niveau gehoben wurden. Auf diese Weise hat das Erdrelief mit seinem Wechsel von leichteren kontinentalen Hoch- und schwereren ozeanischen Niedergebieten seine, nach meinem Dafürhalten, physikalisch annehmbare Erklärung gefunden.

Bei der Mannigfaltigkeit der Sedimentbedeckung wird man die Narben alter Erdbruchlinien nicht mehr in auffälliger Bekundung erwarten dürfen. Indes will es beim Überblick der paläogeographischen Umstände erscheinen, als ob die Richtungen der Rißsysteme früherer Zeiten bei neuen, auf die nämliche Ursache zurückzuführenden Auslösungen der Erdspannung beibehalten wurden. Die jüngeren Brüche in SO—NW, NO—SW, N—S, gleichwie in O—W-Richtung haben also wohl einen alten Sinn.

Solche Permanenz der Bruchrichtungen spricht, beiläufig vermerkt, eindringlich genug gegen die Annahme starker Verlagerungen der Erdachse. In diesem Falle hätte der äquatoriale Wulst der Erde mitwandern, und mannigfache Systeme neuer Bruchrichtungen hätten sich bilden müssen, welche die alten tektonischen Formen durchschrägen. Das macht sich nicht in dem Maße geltend, daß man Erdachsen-Pendulationen in weitem Winkelbereich annehmen könnte. Beim Überblick beispielsweise des deutschen Landes mit seinen Bruchlinien aus paläozoischer und neozoischer Zeit treten die Beanspruchungssysteme gleichgerichtet heraus.

Somit dauerte die alte Orientierung der Spannung im wesentlichen wohl durch alle geologischen Zeiten an und äußerte sich rhythmisch in oro-

genetischen Effekten. Dabei ist die oberste feste Erdschale seit langen geologischen Perioden als thermisch kompensiert zu betrachten, der Art, daß seit dem cambrischen Zeitalter die Streuungsweite der Temperaturschwankungen auf der Lithosphären-Oberfläche das geringe Intervall, das die Existenz von Organismen und von Wasser bedingt, nicht übertraf. Von einer Abkühlung und damit von einer Kontraktion kann also begründeterweise bezüglich dieser Außenzone der Erde nicht die Rede sein, aber als Schale, die schwer auf den tieferen, sich abkühlenden und auch kristallisierenden, sich zusammenziehenden Massen ruht, mußte sie, in bekannter Vorstellung, beim Nachgeben an das ständig wirksame zentripale mechanische Moment Dislokationen, und zwar rhythmischer Art, erfahren.

Zu diesen Störungsumständen im Gefolge der Erdkontraktion tritt die Mannigfaltigkeit der Veränderung in der Verteilung fester, flüssiger, auch gasförmiger Stoffe, wie die Abtragung von Hochgebieten, das Entstehen und Vergehen von Inlandeis, die Verlagerung magmatischer und hydrosphä-

den. Unter ihnen sind es wiederum Salze, welche besonders kühne Lagerungsformen annehmen. Sie bekunden, daß auch mechanisch schwache feste Massen geotektonischen Druck übertragen können. Rechnerische Gegenerwägungen wiegen einen naturkundlichen Anschauungsbeweis nicht auf.

Eine von F. Koßmat in seiner Studie über die geologische Bedeutung der Schwerkverhältnisse entworfene Skizze von Großfalten der Erde unter dem Einfluß sich gegeneinander bewegender, bis zur Unnachgiebigkeit versteifter Schildmassen scheint mir daher die einschlägigen Umstände geologisch-physikalisch durchaus glücklich zum Ausdruck zu bringen. Ein Profilschema sei hier in Fig. 61 gegeben. Wechselnd mit dem Areal der Schwächefelder und ihres Materials sowie mit den letzteren örtlich gegebenen Ausweichungsmöglichkeiten entwickelt sich der Anstau der nachgebenden Massen. Hinzufügen möchte ich in dem Sinne auch im speziellen den Hinweis, daß ein etwa nach Mohrschen Linien ausgezackter Schildrand, dem ein anderer gleichfalls beweglicher oder fester gegenübersteht, die Faltenbögen naturgemäß in die großen Buchten seines Randes treiben wird.

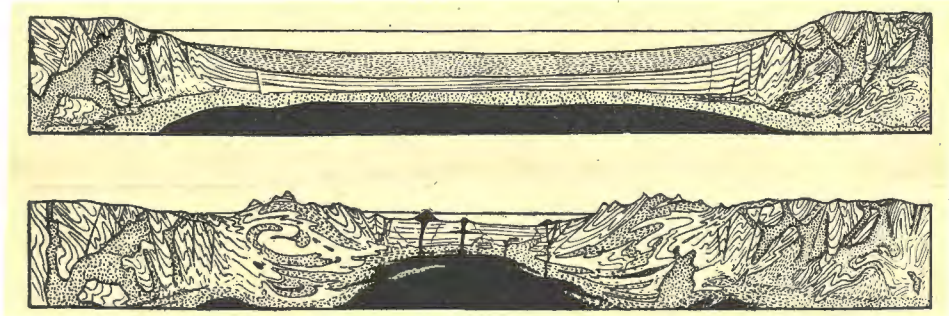


Fig. 61. a) Schwächefeld einer sedimenterfüllten Geosynklinale. b) Beiderseitige Orogenese mit Magmenbewegung unter dem Einfluß drängender Schollen.

Aus F. Rinne, Gesteinskunde, 9. Aufl., 1923. S. 22.

rischer Massen und anderes mehr, was mit Recht als Störung der Isostasie gilt und beim Streben der Erdschale nach Gleichgewicht Verlagerungen von Erdbaumassen im erörterten Sinne der alles beherrschenden Schwere veranlaßte. Kontraktionstheorie und Isostasielehre schließen sich nach meiner Meinung durchaus nicht aus; sie sind vielmehr physiologisch ineinander wirkend zu verknüpfen und aus einem Moment, der allgemeinen Schweretendenz, abzuleiten.

2. Die Großformen der lithosphärischen Faltungen und Deckenschübe im Erdbau 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 bogiger Streifenform bei dem Andrängen starrer, auf dem Tiefenmaterial verschiebbarer Schildblöcke. Gerade die Großartigkeit der Faltungs- und Überschiebungserscheinungen ist der Ausdruck sich fügender Nachgiebigkeit der Materialien, in denen sie sich abbil-

In diese hinein müssen sich die Faltenzüge der alten und neuen Orogenese drängen. Daher werden die Richtungen der Faltenbögen den Verlauf der Systeme erdtektonischer Linien an den Schildrändern, also die Ausgestaltung der Fronten letzterer in verrundeter Form andeuten.

Wie bei den oben besprochenen Absenkungen und Hebungen an gleichsinnig gerichteten Brüchen wird man bei den Dislokationen der geosynkinal sedimenterfüllten Zwischenstreifen im allgemeinen gleichfalls eine Permanenz der Dislokationsorientierung durch die Erdgeschichte hindurch erwarten dürfen. In der Generalgleichzeitigkeit alter und junger weithinziehender Gebirgsstreifen liegt sie in der Tat wohl vor. Es verengt sich dabei der Schauplatz der Orogenese in bekannter Vorstellung durch das Hineinwachsen der Schildblöcke zufolge der Angliederung gefalteter und gleich den Schilden selber, eruptiv versteifender Anwachsstreifen, event. bis zum völligen Verschwinden eines orogenetisch noch zur Verfügung stehenden

Bezirktes. Dies Vorrücken der Orogenese ist also nicht so sehr eine Verlagerung der gebirgsbildenden Kräfte (wie man den Vorgang früher wohl auffaßte), als vielmehr ein Vorrücken ihrer Wirkungszone, die sich im Typus in einen

vorderen Faltungstreifen und dahinterliegende Zonen der scholligen Faltung und Mosaik-Schollenbildung gliedern kann. Nach dem endgültigen Erlöschen des Faltungseffektes vermögen sich naturgemäß letztere event. noch allein herauszubilden.

IV. Magmen- und Salztektunik.

1. 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 Ortsveränderung von Erdbaumassen dennoch durchaus in die Betrachtungen über geologische Dislokationen. Die tektonische Gestaltungsdifferenz liegt im Material als einerseits schichtig fest, andererseits feurig-flüssig.

Bei dieser Skizzierung der peripheren Tektonosphäre der Erde ist es von Nutzen, sich die im Vergleich zum Endkörper geringe Mächtigkeit ihrer festen Zone zu vergegenwärtigen. Sedimente, Vulkanite, plutonische Lager, Stöcke und Lakkolithe sind wie Pflaster und erdmaßstäblich gedacht kleindimensionale Intrusivkörper in der dünnen Schale über dem allgemeinen, gewaltigen batholitischen festen und nach der Teufe zu bald strömungsfähigen Untergrunde der noch zur Tektonosphäre gehörigen oberen Magmenzone. Mir scheint, daß die anregenden Clooschen Vorstellungen das ein wenig verkennen.

Hinsichtlich ihrer Mobilität sind die Magmen den Salzen besonders im thermisch begünstigten Zustande letzterer verwandt. So kommt es denn bei beiden zu einer tektonischen Ausgliederung aus dem geologischen Verbands mit nicht so marschfähigen Nachbarmassen. Zechsteinsalze gelangen zwischen Triasschichten und in noch höhere geologische Position, Eruptive aus der „ewigen Teufe“ eventuell bis an die feste Erdoberfläche. Gemeinsam ist den Salzen und Eruptiven auch die innere *tektonische Entmischung*. Wie sich Salzlager längs petrographischer Gleitflächen mechanisch differenzieren können, der Art, daß bei den translokatorischen (wagerechten) Abschiebungen der Lagerstätte oder bei ihrem Empordringen die spröderen Massen des Anhydrits und der Salztone von dem strömungsfähigen Steinsalz gesondert werden, so mögen in bekannter Vorstellung, besonders amerikanischer Petrographen, sich in einem

Magmenkörper tektonische Abquetschungen noch flüssiger Schmelzteile von den bereits ausgeschiedenen Massen vollziehen, wobei es aber auch zur Verschleppung solcher Proben der im allgemeinen zurückgebliebenen protogenen Massen kommen kann, die dann wie Fremdkörper im Hauptgestein erscheinen, eventuell ihm förmlich hybridische Art geben. Ähnliches kommt bei den Salzen vor.

Entsprechend der Verlagerung dieser sind auch bei den Eruptiven die zeitlichen Diskontinuitäten der magmatischen Hauptdislokationen durch verbindende Vorgänge verknüpft. Beide geben zufolge großer innerer Beweglichkeit den Ursachen der Verlagerung schon eher und auch noch länger, somit häufiger nach als die starrereren Sedimente. Sie werden nicht nur in den orogenetischen Zeiten der Dislokation normaler Sedimente mit letzteren in Bewegung gesetzt, sondern auch in deren Ruheperioden.

Indes ist hier wiederum ein wichtiges Nebemoment zu bedenken; die Massen der Magmenzone, wenn sie auch in ihrem physikalischen Zustande verhältnismäßig leicht bewegliche Materialien vorstellen, haben zufolge ihrer Tiefenlage eine für den ständigen tektonischen Vollzug besonders ungünstige Position: sie werden durch das Hangende im allgemeinen stark abgeriegelt, also im Marsche nach oben wesentlich gehindert, wie das vermindert bei Salzen in ihrem normalen geologischen Horizont statt hat und sich bei ihrem Emporsteigen geltend machen wird, falls sie an das Hindernis einer allzu starken Transgressionsüberlagerung über tektonisch gestörten Massen kommen. Beginnen die festeren Gesteine, welche die Zone der Magmen überlagern, sich tektonisch zu regen, so ist es leicht verständlich, daß letztere, wie es bezüglich der Salze dargelegt wurde, als besonders mobile Materialien ersteren voraneilen und ein magmatisches Vorspiel eröffnen. Dabei werden im allgemeinen in erster Linie die tieferen, leicht beweglichen basischen Schmelzflüsse in die höheren Regionen passiv versetzt werden. Im Hauptakte der tektonischen Faltungsgeschehnisse spielen die magmatischen Intru-

sionen, wie bei den Salzen, eine große Rolle, und es ist nach ihrem physikalischen Wesen erklärlich, daß sie, gleich diesen, Schlußspiele tektonischer Episoden darbieten.

V. Varistische Magmen- und Gesteinstektonik Sachsens.

In obigem Sinne sei auf die varistische Verlagerung von Schmelzflüssen und Gesteinen in Sachsen als auf ein typisches Beispiel des Zusammenhanges der Dislokationen

Zwänge lieferte eine ausgeprägte Abbildung der kinetischen Verhältnisse. Auch noch nach der Erstarrung der aufgepreßten Magmen äußerte sich der Streß in mächtiger Wirkung in Form von Deckenpackungen, Ineinanderschiebungen der Gesteinsmassen und im textuellen Ausdruck der Massenbewegungen bis in die mikroskopischen Einzelheiten; deren mechanisch bedeutsame Umstände werden insbesondere durch die Studien von J. Lehmann und K. H. Scheumann an sächsischen Gesteinen ausgezeichnet beleuchtet, wie es von B. Sander, R. Schwinner, W. Schmidt und anderen bezüglich

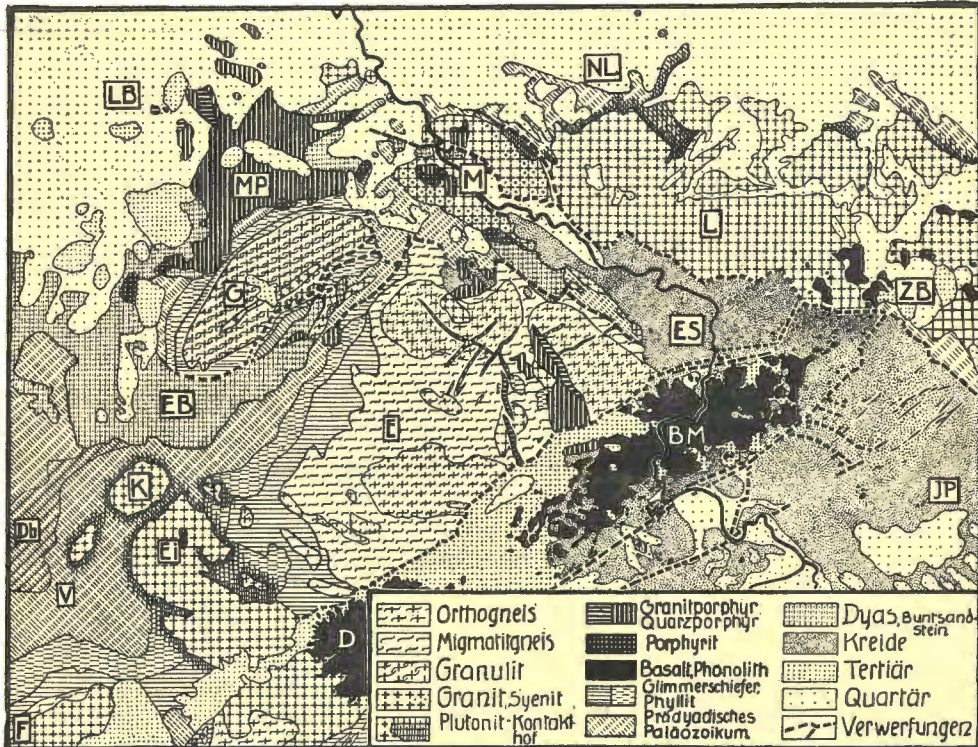


Fig. 62. Varistische Verlagerung von Magmen und Gesteinen in Sachsen.

LB = Leipziger Tertiär-Diluvium-Bucht. NL = Niederlausitzer Tertiär-Diluvium-Bucht. MP = Muldenporphyrygebiet. M = Meißener Granit-Syenit-Massiv. L = Lausitzer Granitmassiv. G = Granulitgebiet. ES = Cretacisches Elbsandsteingebiet. ZB = Zittauer Tertiär-Diluvium-Gebiet. EB = Erzgebirgische paläozoische Bucht. E = Kristalline Schiefer des Erzgebirges. Db = Diabasgebiet des Vogtlandes V. K = Kirchberger Granitmassiv. Ei = Eibenstocker Granitmassiv. D = Duppauer Vulkanitgebirge. BM = Böhmisches Vulkanitgebirge. JP = Cretacische Iserplatte.

von Magmen und festen Gesteinen hingewiesen (Fig. 62). Sie hat hier ein Vorspiel im Heraufdringen von Einschüben, in Ejektionen und Ergüssen der Diabasmagmen des Vogtlandes. Es folgte nun der Hauptakt, der sich in Faltungen, Schubdeckenpackungen und Verwerfungen sehr energisch auswirkte. In seinem orogenetischen Kerngebiete kam es zu mächtigen magmatischen Intrusionen, zu förmlichen feurig-flüssigen und fluiden Durchtränkungen; unter der Gunst mächtiger Druckkräfte klang diese magmatische Invasion regional unter Bildung einer gewaltsam durchbewegten Glimmerschiefer-Phyllit-Kontaktzone aus. Die Kristallisation unter starkem mechanischen

analoger Fälle in den Ostalpen geschah. Die anschließende tektonisch schwach- oder unstressitische Phase führte im varistischen Teile Sachsens zu Intrusionen von mehr oder minder deutlich fluidalen, plutonischen Großlagern, Lagergängen und Stöcken, die man in den westerzgebirgischen Graniten, Meißener Syeniten und im Lausitzer Granit vor sich hat. Sie sind von normalen Kontakthöfen begleitet, deren Schiefergesteine lediglich das Abbild der sedimentären Textur sind.

Ausgezeichnete Ganggranite und pegmatitische Bildungen von gelegentlich peraziditische Art, also physikalisch-chemische Extreme der silikatischen Differentiation, und thermale Absätze tauber sowie

edler Gangmassen stellen die Ausklänge dieser plutonischen Periode dar.

Ein vulkanisches Nachspiel mit seinen spätpaläozoischen magmatischen Durchbrüchen und Ergüssen sowie Ejektionen meist kieselsäurereicher Art beendete den großen, einheitlich aufzufassenden, varistischen, tektonischen Akt am Material der festen Lithosphäre und der unterlagernden Magmenzone.

VI. Tektonik der Hydrosphäre und Atmosphäre.

Beim Ausdruck Tektonosphäre der Erde beschränkt man sich gelegentlich auf die Zone der festen Gesteine. Wenn nun hier ganz im Sinne von R. Schwinner, dem Begründer der Bezeichnung Tektonosphäre, die periphere Magmensphäre von der Ausgleichsfläche an hinzugenommen wurde, so sollen des weiteren auch die Hydrosphäre und von der Atmosphäre die Troposphäre, die Wetterzone, in den obigen Ausdruck einbezogen werden. Es handelt sich bei der Wasser- und der unteren Lufthülle um besonders stark und in schneller, ja täglicher Folge tektonisch bewegte Massen.

Hydrosphäre und Troposphäre haben in ihren Dislokationserscheinungen zwar wegen ihres besonderen physikalischen Zustandes einen extremen, aber doch dem der Lithosphäre und Magmenzone verwandten Charakter.

Wenn auch die Kenntnis der ozeanischen Erdschale (mit ihren thermisch und barisch durch Verschiedenheit des Salzgehaltes verursachten Strömungen und Unterschiebungen kalter polarer Wasser unter warme äquatoriale unter Faltung der Grenzflächen) noch nicht zu einer befriedigenden, umfassenden Lehre ihrer morphologischen Typen und mechanischen Charakterzüge ausgereift ist, so deuten doch alle Anfänge diesbezüglicher Forschung, wie mir scheint, darauf hin, daß sich hier bald ein geologisches Gegenstück zum Bau der Atmosphäre und damit, entsprechend den nachfolgenden Darlegungen, auch der Lithosphäre ergeben wird.

Der Bau und die Dislokationen der Atmosphäre sind durch die Arbeiten von Geophysikern wie Dove, Margules, Bjerknes (Vater und Sohn), v. Ficker, Weickmann u. a. durch Beschreibungen und durch figürliche Schemata vortrefflich dargestellt. Als bedeutsames Kennzeichen ergibt sich aus ihnen eine Gliederung der Troposphäre in Luftpacken mit weit schärferen, sich lang hinziehenden Grenzen, als man sie ehemals den verschiedenen temperierten Teilen der Wetterzone zuschrieb. Damit nähert sich die tektonische Auffassung der Lufthülle mutatis mutantis geradezu der fester Gesteine. Im selben Sinne leiten die troposphärischen Ver-

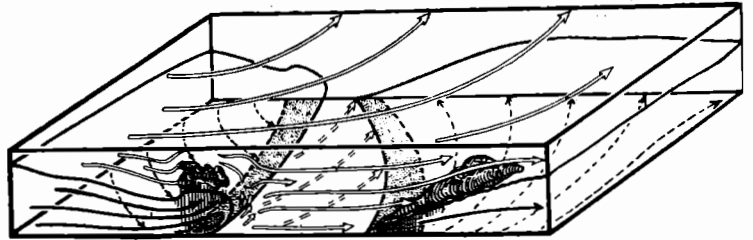


Fig. 63. Aërotektonische Skizze.

Unterschiebung kalter unter warme Luftpacken sowie Überschiebung warmer über kalte.

lagerungsbilder über zu den bekannten geologischen Dislokationen. In der Tat besitzen die neueren meteorologischen Schemata mit ihren Unter- und Überschiebungen von Luftpacken, liegenden Faltungen, geraden und wirbeligen Strömungslinien in rhythmischem Verlauf einen dem der Lithosphären-Geologie nahestehenden tektonischen Zug.

In der Auffassung habe ich in Fig. 63 einen von V. Bjerknes gegebenen Profilschnitt zur Vorderfläche eines perspektivischen Bildes verwendet, unter Veränderung der Tektonik durch Einzeichnen einer wulstförmigen Stauungsfront des sich unterschiebenden Kaltluftpaketes, eines flacheren Generalfallens sowie eines welligen Verlaufs besonders der Überschiebungsflächen. So könnte die Figur wohl auch ein interessantes Lithosphärenbeispiel insbesondere von Salzen vorstellen.