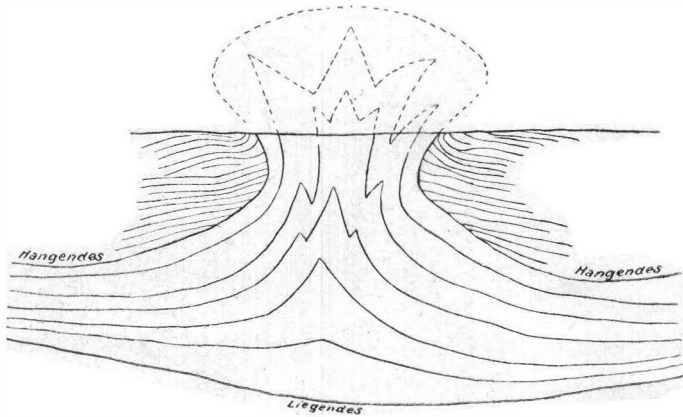


Der Salzauftrieb.

Geophysikalische Studien über den Bau
der Salzmassen Norddeutschlands.

Erste und zweite Folge.



Von

Dr. Richard Lachmann,
Hamburg.

Sonderabdruck aus der Zeitschrift „Kali“, IV. Jahrgang,
Heft 8, 9, 22, 23 und 24.

Halle a. S. 1911.

Verlag von Wilhelm Knapp.

Vorwort.

Die nachfolgenden Studien sind gedacht als eine erweiterte Ausarbeitung eines Vortrages, welchen der Verfasser in der diesjährigen Februarsitzung der Deutschen Geologischen Gesellschaft über „Autoplaste Formelemente im Bau der Salzlagerstätten Norddeutschlands“ gehalten hat.¹⁾ Eine Reihe von Thesen, die in dem Vortrage unbewiesen bleiben mußten, sind hier durch Tatsachen belegt. Eine Erweiterung empfahl sich: einmal zu dem Zwecke, um zu erweisen, daß viele der vorgebrachten Ansichten kein Novum sind, sondern bereits um die Mitte des vorigen Jahrhunderts von Salinisten erörtert, dann aber in Vergessenheit geraten waren, und zweitens, um darzutun, daß die Autoplastie oder Selbst-Formgebung der Salzmassen auch außerhalb des Gebietes des deutschen Kalibergbaues an den verschiedensten Stellen der Erde in Erscheinung tritt.

Es ist in den nachfolgenden Studien eine Vollständigkeit in keiner Weise beabsichtigt. Weder soll eine philologisch vollständige Aufzählung aller derjenigen geologischen Autoren gebracht werden, welche das Problem der Salztektunik in Angriff genommen haben, noch sollen im einzelnen die

1) Monatsberichte Bd. 62, 1910, S. 113—116.

Salzlagerstätten beschrieben oder deren Beschreibung kritisiert werden, bei denen autoplaste Prozesse mitgewirkt haben, noch endlich soll das sehr umfangreiche Material zur Darstellung kommen, welches der Verfasser bei der Befahrung von über sechzig norddeutschen Kali- und Steinsalzbergwerken zusammengestellt hat. Vielmehr kommt es ihm nur darauf an, nach einer historischen Einführung in das Problem die Notwendigkeit darzutun, daß die derzeit herrschenden Vorstellungen revidiert werden. Des weiteren soll dargelegt werden, welches die chemisch-physikalischen Kräfte sind, deren Wirksamkeit wir die Deformationen oder Störungen im Bau der Salzlager zuzuschreiben haben, ferner welche Lagerungsstörungen wohl noch auf die alte Weise erklärt werden müssen und zum Schluß: welche weiteren Fragen zur Beantwortung in der Zukunft sich uns entgegenstellen.

Die Zerlegung in einzelne „Folgen“ kommt den Bedürfnissen der Zeitschrift „Kali“ entgegen, in deren Heften sie in etwa halbjährlichen Abständen Aufnahme finden werden.

Eine Einteilung in mehrere integrierende Gedankenreihen war unschwer zu erzielen, andererseits ist als Leitfaden der theoretische Extrakt in dem zitierten Vortragsauszug gegeben.

Breslau, im Dezember 1910.

Richard Lachmann.

I. Vorgänger.

Die Vulkanisten. (ca. 1800—1850.)

Die Frage nach dem Bau der Salzgebirgsmassen geht in der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts ganz auf in der damaligen Kardinalfrage der dynamischen Geologie, welche die Gemüter aller Gebildeten erregte, wie niemals später wieder eine geologische Frage: die nach der Bedeutung neptunischer oder vulkanischer Kräfte. Schon früh machte man die Entdeckung, daß gerade in den Salzmassen und in den begleitenden Anhydrit- und Gipsmassen die sonderbarsten Zerrungen und Verschlingungen zu beobachten waren, welche den Gedanken an das Walten vulkanischer Kräfte so nahe legten. Bereits Saussure, der Vater der exakten Gebirgsgeologie, hat daher den Gipsmassen einen wesentlichen Einfluß auf die Erhebung der Gebirge zugeschrieben. Es müssen die Erscheinungen in den Salzwerken geradezu ein Lieblingsargument der Vulkanisten gewesen sein, denn bereits 1791, zu einer Zeit also, wo die Wernersche Schule noch im höchsten Ansehen stand und obwohl Werner¹⁾ selbst für den Niederschlag der Salze aus Salzseen eingetreten war, konnte Fichtel²⁾ die Behauptung aufstellen, daß „das Salz-

1) Alberti, Halurgische Geologie, Bd. II, S. 217.

2) Ebenda, Bd. II, S. 259.

fluidum die Tiefen und Weitungen unter den gehobenen Gebirgen gefunden, sich dort unter Mitwirkungen des gegenwärtig gewesenen unterirdischen Feuers nach Austrieb wässeriger Teile kristallisiert und nun einen untergeschobenen und reinen Körper an vielleicht unzähligen Stellen der Karpaten gebildet habe“. Hierbei stützte sich Fichtel auf die bereits damals recht ansehnlichen bergbaulichen Aufschlüsse von Parayd in Siebenbürgen, welche einen Salzkörper in Kraterform ergeben hatten und von denen weiter unten noch die Rede sein wird.

Später knüpfte sich die Weiterentwicklung des Vulkanismus auch in der Salzgeologie an den Namen Leopold von Buchs. Kennzeichnend hierfür ist ein Vergleich zweier Veröffentlichungen eines Schweizer Salinisten, Charpentiers. 1819 zeichnete¹⁾ er ein Profil durch das Gipsvorkommen von Bex im oberen Rhonethal, Kanton Wallis, demzufolge es sich um zwei große Gipsmassen handelt, welche konkordant einem Kalkstein eingelagert sind. Diese Schrift hat insofern eine Bedeutung, als sie unzweifelhaft die Tiefenumwandlung von Anhydrit in Gips bewies (epigénie) und sodann zum ersten Male von einer Spezialfältelung im Gips die Rede ist. (S. 24.)

Im Jahr 1825 schrieb Charpentier an den gefeierten deutschen Geologen einen Brief²⁾, in dem im Sinne des Vulkanismus das in der Lagerstätte von Bex auftretende Steinsalz durch Sublimation von Natrium und Chlor auf Spalten sich gebildet haben soll. Zehn Jahre später waren die Aufschlüsse so weit fortgeschritten, daß der Gips nach einer

1) Annales des Mines 1819.

2) Veröffentlicht: Poggendorffs Annalen. Bd. III.

Beschreibung Albertis sich als einen Stock darstellt, welcher von unter 75⁰ aufgerichtetem Jura-kalk umgeben ist.¹⁾ Die Berührung ist zuweilen eine spiegelige Rutschfläche; in dem Schiefer, welcher den Gips begleitet, und im Gips selbst und dem Anhydrit kommen Gesteinsbrocken vom Nebengestein vor, so daß eine Brekzie resultiert, „cargneule“ genannt. Unter den Nebengesteinsbrocken überwiegen Kalksteinmassen bis 18 und gar 30 m Größe. Sie sind häufig verkieselt und führen Anthrazit (?) auf Spalten. Als Ganzes hat der Gipsstock die Kalkmassen keilförmig getrennt und ist dabei selber im höchsten Grade gewunden und gedreht.

Die nämlichen Ideen von Buch's vertritt bei uns in Norddeutschland Fr. Hoffmann.²⁾ Durch Gase ist der Zechsteinkalk in Gips verwandelt, wie er hier und da im Flachland ansteht. Der ungleichförmige Zusammenhang dieses Gipses, seine eigene ungleichförmige Mächtigkeit und verworrene Kristallisation sind die Beweise für die gewaltsame Aufregung, welche mit seiner Entstehung verbunden war. Seine Epigenie fällt zusammen mit dem Auftreten der Braunkohlenformation und den Lagerstätten antdiluvianischer Tiere. Diese Erhebungsgipse sind parallel zum Harze angeordnet.

Ein drittes Beispiel für die Art und Weise, mit der man in der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts an die Beschreibung von Salzlagerstätten heranging, bildet Dufresnoys Notiz über

1) l. c. Bd. I, S. 377 ff.

2) Beiträge zur genaueren Kenntnis der geognostischen Verhältnisse Norddeutschlands. I. 1822.

die Salzminen von Cardona (Spanien).¹⁾ Hier werden zwei Salzmassen unterschieden. Die obere ist nur 15 m mächtig und von Mergelschichten bedeckt. Sandsteine fallen nach drei Seiten unter einem Winkel von bis zu 20° von ihr ab. Dies kann keine ursprüngliche Ablagerung sein. Die Störung ist auch nicht durch Auflösung hervorgerufen, sondern durch eine Aufwölbung der ganzen Salzmasse.

Besondere Aufmerksamkeit wird dann der unteren Salzmasse zugewandt, deren Mächtigkeit noch unbekannt ist. Sie ist vertikal geschichtet durch rot und grün gefärbte, scharfbegrenzte Zonen, welche nach allen Richtungen in Hufeisenform sich neigen. Die bedeckenden Sandsteinschichten schließen sich nicht über dieser zweiten Masse, und es bleibt daher unentschieden, ob sie sich gekrümmt haben oder ob sie durchbrochen sind.

Seine letzten unbedingten Vertreter findet der saline Vulkanismus in Karsten, dem Verfasser der 1846 erschienenen „Salinenkunde.“ Charakteristisch ist etwa der Vergleich der Salzvorkommen in den Karpathen mit den Reihenvulkanen von Buch's im Gegensatz zu den alpinen Salzstöcken, welche den Zentralvulkanen gleichgestellt werden.²⁾ Ganz Siebenbürgen ist ein großer „Salzkrater“. Die salinischen Dämpfe können die großen Salzmassen der Karpathen nicht passieren und suchen sich, wie Metaldämpfe, bald links bald rechts der Kette ihren Ausweg.

1) Bulletin de la société géologique de France. I. 1830. S. 99—105.

2) Erster Teil, S. 513.

Die Halurgo-Geologen. (1850—1880).

In der Mitte des Jahrhunderts gerät die Beschreibung der Salzlagerstätten in ein etwas ruhigeres Fahrwasser. Es kommen jetzt die Spezialisten zum Wort, welche von einem bestimmten Bergbaubezirke ausgehen, meistens dem Gebiete ihrer eigenen Tätigkeit als Salzbergleute, um dann, je nach dem Geschick und der Belesenheit, ihre Beobachtungsergebnisse auf andere Gebiete auszudehnen.

Volgers Dissertation *De agri Luneburgici constitutione geognostica*, Göttingen 1845, steht noch ganz auf dem Lehrboden des Vulkanismus. — — vallem¹⁾ *Luneburgicam pro eruptionis valle esse habendam constat.* — — *Fundamentum earum virium, quibus eruptio facta est gypsum et sal fossile, sub eo positum, apparet.* Deshalb nämlich ist augenscheinlich die erhebende Kraft im Gips und seiner Unterlage, dem Steinsalz, zu suchen, weil die jüngeren Schichten das Gipszentrum des Kalkberges und Schiltsteins steil aufgerichtet und in konzentrischer Lage umgeben. 1855 erschien von demselben Verfasser eine Monographie des Borazits. Sie beschäftigt sich²⁾ zum ersten Male mit der Frage des Metasomatismus. Gips hat sich aus Anhydrit verwandelt unter Volumenvergrößerung; Anhydrit aus Kalkstein, zum Teil auch aus Steinsalz. Schwerer lösliche Salze ersetzen die leichter löslichen. Das Steinsalz ist nicht vulkanisch, sondern sedimentär aus Salzseen. Den Einfluß dieser Umwandlungsprozesse auf die Fältelung des Steinsalzes von Staß-

1) S. 41f.

2) S. 176ff.

furt hat er dann noch einmal in einem Vortrage auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Hannover im Jahre 1865 dargelegt.

1852 veröffentlichte Alberti seine zweibändige „Halurgische Geologie“. Es ist ein überaus inhaltreiches Werk, welches infolge konträrer wissenschaftlicher Zeitströmungen einer unverdienten Vergessenheit anheim gefallen ist und uns etwas ausführlicher beschäftigen soll. Der Verfasser, Fr. A. von Alberti, ist 1795 in Stuttgart geboren und studierte in seiner Vaterstadt Berg- und Kameralwissenschaft. Bereits 1815 ist er württembergischer Salinenbeamter und seit 1820 Salineninspektor in Friedrichshall. Von süddeutschen Geologen werden vor allem seine stratigraphischen Arbeiten geschätzt, und sein Ausdruck „Trias“ für die Schichtenfolge Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper hat kosmopolitische Bedeutung für die geologische Wissenschaft errungen. Er machte größere Reisen im Interesse seiner salztektonischen Untersuchungen und starb 1878 in Stuttgart als Bergrat und Salinenverwalter.

Der erste Band enthält eine Darstellung aller damals bekannten Salz- und Gipsvorkommen, wobei besonders auf die Lagerungsverhältnisse Gewicht gelegt wird.

Großes Interesse erheischt die Zusammenstellung über die Gipsvorkommen von Bayonne in den Westpyrenäen¹⁾ (s. Fig. 1). Hier haben Gipsmassen, die von Ophit begleitet sind, Tertiär aufgebogen. Der Gips schließt Blöcke des Eruptivgesteins ein und außerdem große Massen eines schwarzen Kalk-

1) S. 326 ff.

steins, der nach allen Richtungen von Fasergips durchzogen ist und tieferen Schichten entstammt. Im Kern der Stöcke herrscht der Ophit vor, aber an anderen Stellen, z. B. bei Montsaunes, ist der Gips frei von Eruptivum. Salzquellen und Bohrungen beweisen, daß der Gips der Hut von größeren Salzmassen ist. Im Kontakt mit dem Gips wird der Kreidekalk dolomitisch und kristallinisch und zum Teil kavernös.

Das Tal von Oncevillo, in welchem die Saline Anana, westlich von Vittoria, liegt, hat die Gestalt



Fig. 1.

Gipsvorkommen bei Bayonne nach Alberti.

eines senkrecht umgestürzten Kegels, der an einem Rande offen ist. Ersteigt man die Höhen der Basis dieses Kegels, so überzeugt man sich, daß der Ophit und der Gips das ganze Innere des eingeschlossenen Raumes bilden, welcher etwa 2340 m Durchmesser hat. Die Köpfe der Kalkschichten fallen vom Tal ab, wie dies durch das Erheben einer konischen Masse, welche die Schichten sprengt, der Fall sein müßte: es ist ein vollständiger Erhebungskrater.

Von Interesse dürften die Stellen sein, an denen

Alberti auf unsere norddeutschen Gipsvorkommen zu sprechen kommt.¹⁾

Ob der Gipsstock von Thiede als Fremdling in der Trias auftritt, ist noch näher zu begründen. Er setzt anscheinend senkrecht in die Tiefe und tritt vollkommen massig, den Buntsandstein durchbrechend, wahrscheinlich aus Oolithgebirge zutage. In der Tiefe ist dieser Gips Anhydrit und durch und durch von Steinsalz durchdrungen. Die Grenzen des Gipsfeldes von Sperenberg setzen, wie Bohrversuche ergeben haben, nach allen vier Seiten plötzlich abbrechend in die Tiefe.

Sehr wertvoll sind ferner²⁾ die Profile und Beschreibungen der Lagerstätte von Wilhelmglück in Württemberg in der Anhydritgruppe des Muschelkalks. Das Steinsalzlager selbst hat nur in der Regel 8, selten bis 50 m Mächtigkeit. Es ist als Ganzes wie im einzelnen mandel- und linsenförmig zwischen Anhydrit gelagert und regellos verbogen, ohne daß die hangenden oder liegenden Schichten an der wellenförmigen Bewegung teilnehmen. Ebenfalls der Anhydrit zeigt die gekrösartig gewundene Absonderung, wie sie durch Aufblähen der Massen entsteht.

Der zweite Band faßt die Einzelbeschreibungen zusammen und will für die beobachteten Tatsachen eine genetische Erklärung geben.

Es wird unterschieden zwischen den heute sich bildenden salinischen Bildungen und denen der Vorzeit. Heute bilden sich Salzmassen entweder auf neptunischem Wege (Halogene) durch Absatz

1) S. 472 ff.

2) S. 441 ff.

von Quellen und Salzseen oder bei Überschwemmungen von Küstenstrichen durch Meeresfluten,

oder zweitens durch Sublimation vulkanischer Dämpfe in Kratern oder endlich zwischen den Sedimenten der Salsen oder Schlammvulkane (Pelogene).

Nur die letzteren haben eine gewisse genetische Ähnlichkeit mit den fossilen Gips- und Salzgebirgen, welche sich dadurch auszeichnen, daß sie samt den begleitenden Dolomiten in mächtigen Massen in Kuppen- oder Warzenform auftreten, wie plutonische Gesteine. Alberti bezeichnet die fossilen Salzgebirgskörper daher als Akromorphen, wobei *ἀκρον* die Spitze, Kuppe oder Warze oder auch etwas Aufgestiegenes bedeutet.

Am verbreitetsten ist die Gruppe der „sporadischen Akromorphen“. Über 50 Fälle aus aller Herren Länder werden angeführt, auf welche die folgenden allgemeinen Kennzeichen alle oder zum Teil zutreffen:

Sie sind begleitet von Gips und Dolomit. Sie schließen große Massen von Trümmern des liegenden Gesteins oder des Nebengesteins ein. Häufig sind hierbei Eruptivgesteine. Nicht selten treten in ihrer Begleitung Erdölquellen und Salsen auf. Versteinerungen fehlen so gut wie überall, ebenso eine deutliche Schichtung.

Was das Verhältnis zum Nebengestein anlangt, so ist zunächst überall das Liegende unbekannt. Die Massen sind widersinnig gegen das Nebengestein gelagert. Falls sie bedeckt sind, besteht die Bedeckung aus gebogenen, zertrümmerten Schichten, ohne daß diese Zertrümmerung durch die Auflös-

lichkeit oder Verwitterbarkeit der Gebirgsmassen erklärt werden kann. Vielmehr führen alle Merkmale zu der Vorstellung, daß sie später in den Schichtenverband eingeschobene Gebilde seien.

Als eine zweite Gruppe führt Alberti die der „verbündeten Akromorphen“ ein. Sie sind stets an Tertiär gebunden und kommen nicht einzeln, sondern in Gruppen vor. Die äußere Form ist ebenfalls die von Warzen oder Kuppen; zum mindesten sind sie nicht gleichförmig verbreitet, sondern schwellen stellenweise mächtig an, um wieder bald auszukeilen. Im Innern bilden die Schichten meistens gekrösartig gewundene Absonderungen; der Gips zeichnet sich durch Verzweigungen und unregelmäßige Verwachsung mit dem Steinsalz aus. Beide Massen kommen auch zuweilen gangförmig vor. Die Nebengesteinsbrocken innerhalb der verbündeten Akromorphen sind weit seltener, als bei den sporadischen Akromorphen. Ein Musterbeispiel sind die Siebenbürgener Salzlager.

Die dritte Abart, die „zwischenlagerten Akromorphen“, nähern sich mehr dem Typus der gewöhnlichen Sedimentgesteine. Sie sind samt Gips- und Anhydritschichten zwischen Ton- oder Dolomitmassen gelagert. Im Innern fehlen freilich auch hier nicht stockförmige und mandelförmige Massen von Anhydrit und Steinsalz, deren Oberflächen Warzen und Kuppen darbieten. Das württembergische Muschelkalkvorkommen gehört hierher.

Bei der allgemeinen Diskussion über die Entstehung der Akromorphen oder der fossilen Salzlager wird eine Bildung durch Niederschlag aus wässriger Lösung abgelehnt wegen der sporadischen

Kuppenform dieser Massen, aber andererseits liegen auch keine Beweise für einen früheren feuerflüssigen Zustand vor, vielmehr spricht dagegen: das gelegentliche Vorkommen von Versteinerungen, das Zusammenauftreten von Kalkstein, Salzton, Bitumen und gebundener Kohlensäure.

Bis hierher werden wir Alberti im allgemeinen folgen können. Allerdings ist durchaus nicht in allen den angeführten fünfzig Fällen die „ungleichförmige Lagerung“ der Salzgebirgskörper gegen die Nebengesteinsschichten nachgewiesen, immerhin aber wird jede Erklärung der Salztektunik seit dieser Zusammenstellung mit der Tatsache zu rechnen haben, daß bei der Formgebung der Salzmassen ganz besondere Kräfte mitgespielt haben, die in gleicher Weise bei schwerer löslichen Substanzen nicht aufzutreten pflegen.

Wenn trotzdem den Albertischen Ausführungen eine größere Wirkung selbst unter den Fachgenossen versagt geblieben ist, so ist dies nur darauf zurückzuführen, daß es ihm nicht gelungen ist, für die beobachteten Tatsachen eine plausible Erklärung zu geben.

Die Akromorphen, so führt er aus, haben sich als stockförmige Massen aus dem Schoß der Erde emporgedrängt, die vorliegenden Schichten spaltend. Das Salzmaterial stammt aus dem Urmeer, welches ungeheure Hohlräume im Innern der Erde ausfüllte. Durch Einleitung von Schwefelsäure erfolgt die Ausscheidung von Gips. Auch das Steinsalz selber sucht sich aus der breiartigen Masse auszuscheiden. Die Salsen oder Schlammvulkane sind eine Etappe des Ausscheidungsprozesses infolge der Gips- und

Steinsalzbildung. Gips entsteht mit Anhydrit, wo Raum zur Kristallisation blieb und das Nebengestein Wasser einschloß. Aus denselben Hohlräumen stammen die plutonischen Gesteine. Beide sind in einem fest-weichen Zustand aus den Spalten an die Oberfläche gestiegen, wovon noch die Rutschflächen und die vertikale Streifung ein Zeugnis ablegen. Wo Salsen vorhanden sind, dauert die Bildung der Akromorphen heute noch fort. In größerer Entfernung von der Ausbruchstelle kommen die Salsenergüsse als mächtige Schicht zur Ausbreitung, die „zwischenlagerten Akromorphen“ bildend. Folgerichtig sind dann auch die die Salzlager begleitenden Triasschichten in Süddeutschland solche Schlammvulkanergüsse.

Diese Vorstellungen halten einer ernsthaften Kritik nicht Stand. So muß zunächst schon bei der Aufstellung, welche Alberti am Schlusse des zweiten Bandes gibt, die Wahrnehmung befremden, daß die sporadischen Akromorphen alle sehr jungen Alters sind, die verbündeten Akromorphen sämtlich tertiär und die zwischenlagerten Akromorphen bis in die ältesten geologischen Zeiträume zurückgehen. In die vulkanische Sprache übersetzt, würde das heißen, daß man von einem bestimmten Eruptivgestein in alten Zeiten nur die Ergußgesteine und in jüngeren Zeiten nur die Tiefengesteine und die Eruptionsschlünde kennt, welches aller geschichtlichen Wahrscheinlichkeit zuwiderläuft. Ferner sehen wir nicht ein, warum auch die zwischenlagerten Akromorphen noch Kuppen ausbilden, nachdem sie bereits den Zusammenhang mit dem „Wölbungsrei“ in dem hypothetischen Hohlraum verloren haben. Alle An-

zeichen sprechen vielmehr dafür, daß die sporadischen Akromorphen nur eine weitere Ausbildung der Aufkuppung in den geringmächtigen zwischengelagerten Akromorphen sind.

Der Ausdruck Akromorphen ist übrigens nicht sehr glücklich gewählt, auch sprachlich inkorrekt. Noch bevor ihm Albertis Arbeiten bekannt waren hat Verfasser für dieselbe Erscheinung das Wort „Ekzem“ vorgeschlagen, um das einem Geschwür in der tierischen Haut ähnliche Durchsetzen der Salzmassen durch die hangenden Schichten der Erdhaut zu kennzeichnen.

Der Hauptfehler Albertis, welcher in den noch unentwickelten geologischen Vorstellungen jener Zeit begründet ist, beruht darauf, daß er noch nicht zwischen Entstehung der Salzlager und Formgebung unterschieden hat. Ihm fehlt ferner die wertvolle genetische Vorstellung der Entstehung der Steinsalzlager aus abgeschnürten Meeresteilen, welche einige Jahrzehnte darauf der Salzgeologie eine neue Grundlage geben sollte. Sodann ist damals den Geologen das Lyellsche Aktualitätsprinzip noch nicht genügend in Fleisch und Blut übergegangen: die Lehre von der Summation geringfügiger Vorgänge in geologischen Zeiträumen; so daß man damals bei Beobachtung von mächtigen Bewegungen immer gleich an gewaltige Katastrophen dachte.

Auch ist ein Mangel an theoretisch-physikalischen Vorstellungen nicht wegzuleugnen. Es konnten daher die vielen Beobachtungen durch die Anschauungen nicht genügend gestützt werden, welche verwandte Wissenschaften der Geologie zu liefern imstande sind — daher sieht der Verfasser bei

diesen Studien gerade darin seine Aufgabe, das Tatsachenmaterial auf das Notwendigste zu beschränken und sodann die Resultate der in den letzten Jahrzehnten so mächtig entwickelten physikalischen Chemie auch für die Deutung jener wertvollen Albertischen Beobachtungen nutzbar zu machen.

In der Sitzung der Wiener Geologischen Reichsanstalt vom 16. November 1852 wurde durch von Hauer eine Abhandlung des k. k. Grubenoffiziers Foith über „Bildungsweise und Metamorphose des Steinsalzes im Großen“ mitgeteilt, welche leider nur im Auszug im IV. Vierteljahrsheft¹⁾ des Jahrbuches der Reichsanstalt abgedruckt wurde. Foith hatte, gestützt auf Beobachtungen in Siebenbürgen, die Vermutung ausgesprochen, daß in der Kristallisationskraft des Steinsalzes die Ursache des eruptiven Hervordrängens der Salzmassen zu suchen ist, indem durch eine Art inneren Läuterungsprozesses oder Metamorphose eine Zusammenziehung gleichartiger und eine Ausscheidung ungleichartiger Teile erfolgte. Er hat ferner schon auf Analogien im Gebiete anderer Gesteinsbildungen sowie der Gletscherbildung hingewiesen.

Pošepny lieferte später die erste exakte Beschreibung der Tektonik der Siebenbürgischen Salzstöcke.²⁾ Die Salzmassen gehören dem Alter nach zur oberen marinen Ablagerung des Wiener Miozänbeckens, die später Suess „Schlier“ nannte. Sie kommen in der Regel als konkordante Schichteneinlagerungen

1) S. 130.

2) Studien aus dem Salinargebiet Siebenbürgens. I. Teil. Jahrbuch der Reichsanstalt 1867. Besonders II. Teil Jahrb. d. Reichsanstalt 1871, S. 123—184.

vor, aber an den Stellen, wo das Salz mächtiger wird, insbesondere im Tiefsten der ursprünglichen Absatzmulden, bilden sich stockförmige und im Grundriß elliptische Auftreibungen aus dem Salzlager heraus, welche auf eine ganz eigentümliche Weise die hangenden Schichten durchsetzen. Die Begrenzungsfläche ist eine ebene, zuweilen spiegelige

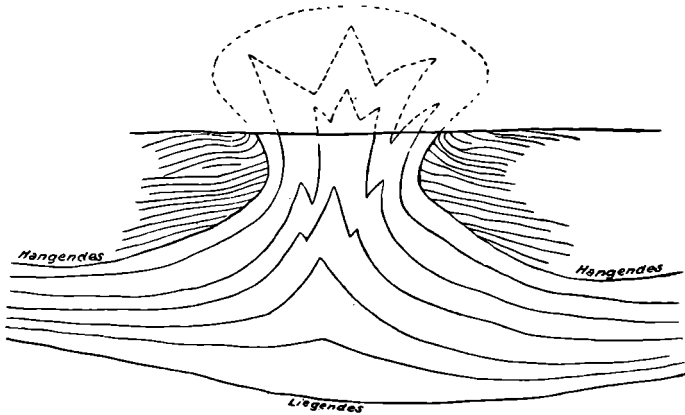


Fig. 2.

Typus eines siebenbürgischen Salzkeuzens nach Pošepny.

Rutschfläche (vgl. Fig. 2). Das Einfallen ist unter der Oberfläche steil nach dem Stockinnern geneigt, richtet sich nach unten zu auf, um schließlich in einem Bogen nach außen wieder zu verflachen. So erhält man im Profil, wenn man die beiden gegenüberliegenden Begrenzungsflächen miteinander verbindet, ein stehendes S und sein Spiegelbild, oder eine „Schwanenhalskurve“, durch deren Rotation um die Stockachse die Idealform der Salzvorkommen von Máros Ujvas, von Parayd und Thorda

Akna (hier elliptisch verzerrt) resultiert. Das Nebengestein schmiegt sich in der obersten Zone an die Grenzfläche an, solange sie nach innen einfällt, stößt in der mittleren Region mit Diskordanz gegen den Salzstock ab und legt sich, entsprechend dem verflachenden Verlauf der Grenzfläche, in der Tiefe wieder konkordant auf die Salzmasse auf. In der obersten Zone läßt sich feststellen, daß die Überkipfung und die Aufrichtung der Schichten in einiger Entfernung vom Stock rasch abnimmt. Diese Erscheinung heißt seit langem in Siebenbürgen ein „Salinarfächer“.

Was die innere Struktur der Salzmassen im Stock anlangt, so fällt eine starke Ausfransung und Schichtenwindung der Tonschnüre zwischen dem Steinsalz ins Auge. Im allgemeinen schmiegt sich das Generalstreichen dem Verlauf der Salzgrenze an, und das Einfallen ist fast durchweg ein sehr steiles. Die Schichten haben also ein zirkuläres oder konzentrisches Streichen. Die Achsen der Spezialfalten verlaufen aber radial nach oben, und das Gesamtbild ist nach Pošepny durch den Vergleich mit einer Zwiebel zu erzielen, die mit Gewalt durch einen halbkreisförmigen Sturz von geringerer Größe, welcher im Scheitel eine kleine Öffnung hat, auf einer ebenen Unterlage zusammengedrückt wurde.

Nicht alles ist bei diesem Bild durch bestimmte Aufschlüsse nachzuweisen. Insbesondere waren damals noch keine Aufschlüsse tief genug vorgedrungen, um zu erweisen, daß sich schließlich die Schichten in der Tiefe konkordant auf den Salzkörper auflagern. Aber soviel ist gewiß, daß die Schichten, welche in der obersten Zone aufgerichtet und über-

kippt den Salzstock umschmiegen, nicht das eigentliche Hangende des Lagers vorstellen, so daß darin gefundene Fossilien nicht für dessen Altersbestimmung in Anspruch genommen werden können. Ein Vergleich dieser Stufe mit dem gewöhnlichen Hangenden der geschichteten und nichttemporgewölbten Salzlager ergab nun, daß die Teufe, in welcher eine normale Auflagerung des Hangenden auf das Salzlager zu erwarten war, etwa diejenige sein mußte, welche das Pošepnysche schematische Profil darstellt. Dieses Profil gibt das Salzgebilde mit einem Erosionsschnitt wieder, welcher ungefähr dem Vorkommen von Máros Ujvas entspricht. Bei Parayd ist der Schnitt etwas höher zu denken. Das ganze Gebilde erhalten wir durch Rotation dieser Idealform um seine Symmetrieachse.

Nach Lage der Dinge verstehen wir jetzt vollkommen, wie Fichtel den Gedanken eines eruptiven Salzfluidums vorbringen und für einen salinaren Vulkanismus hat eintreten können. Nicht minder verständlich erscheint der Karstensche Ausdruck von einem „Salzkrater“ für Siebenbürgen, und ebenfalls Foith müssen wir recht geben, wenn er innerhalb der Salzmassen die Kraft zur Formgebung des Salzstockes zu suchen sich bemühte. Pošepny drückt seine Bedenken gegen eine Deutung dieser Erscheinungen durch die Wirkung einer Kraft, welche ihren Sitz und Angriffspunkt außerhalb des Salzes selbst und seines Hangenden besitzt (wozu jede gewöhnliche tektonische Kraft zu rechnen ist) etwa folgendermaßen aus:

Die beträchtliche Zusammenfaltung ist unerklärlich. Es müßten Salzmassen von vielen Quadrat-

meilen Gesamtfläche zentrisch auf einen Raum von wenigen Quadratkilometern zusammengeschoben sein, aber die hangenden Gesteine lassen keine Spur davon erkennen. Auch ist offenbar schon wegen der Rutschflächen die Bewegung längs der Trennungsfläche von Salz und Nebengestein erfolgt, weil eine ständige Diskordanz beider Körper stattfindet.

Wenn auch demnach der äußere Anschein für Eruption spricht, so kann doch nur von einer Analogie die Rede sein bei dieser Art von „salinaren Eruptionerscheinungen“.

Es muß, so meint Pošepny, nach der Ablagerung des Salzlagers eine nachträgliche Volumenveränderung vor sich gegangen sein: eine Volumenvergrößerung nämlich der chemischen Absätze, denen die mechanischen nicht folgen konnten. Hierbei sind folgende bisher gegebenen Erklärungen zu erwägen:

1. Die Kraft der Umkristallisierung. Duvernoy hatte 1852 in Leonhards Neuem Jahrbuch¹⁾ eine Zusammenstellung über die Vorgänge gegeben, bei denen infolge von Kristallisation von Stoffen eine Ausdehnung stattfindet und die Vermutung ausgesprochen, daß hieraus die Erhebung der Gebirge zu erklären sei. Hier wendet Pošepny ein, daß das Steinsalz doch bereits in kristallinischem Zustand niedergeschlagen ist.

2. Chemische Veränderungen. Bei der Umwandlung von Anhydrit in Gips tritt eine Volumenvermehrung um etwa ein Viertel ein. Aber diese Umwandlung ist in Siebenbürgen durchaus unbedeu-

1) Über die ausdehnende Wirkung der Kristallisationskraft usw. I. c. S. 781—821.

tend, und Ausscheidungen von Chlorcalcium und Natriumsulfat, die gelegentlich beobachtet wurden, beschränken sich nur auf Spalten in den mechanischen Deckmassen.

3. Ist in Erwägung zu ziehen die Volgersche Erklärung durch gegenseitige Verdrängung der Salze verschiedenen Löslichkeitsgrades. Nach Volger soll Gips und Anhydrit metasomatisch aus Steinsalz sich bilden und dabei ein „innerer Zuwachs“ auftreten. So berichtet Volger aus Staßfurt von „reinen neuen Anwüchsen“ von Salzen.

Ohne sich direkt für diese Erklärung zu entscheiden, läßt Pošepny die endgültige Lösung des siebenbürgischen Salinarproblems noch offen. Wir können uns auch mit der Volgerschen Deutung nicht einverstanden erklären, denn wir beobachten in den Kalibergwerken, daß diesen „reinen neuen Anwüchsen“ (Everding sagt heute dafür: posthume Salze) stets an andern Stellen ausgelaugte oder in ihrer Mächtigkeit reduzierte Schichten entsprechen, und die Pseudomorphose von Anhydrit nach Steinsalz dürfte kaum durch Tatsachen zu belegen sein.

Aber selbst zugegeben, daß auf irgend eine Weise eine Volumenvergrößerung der Steinsalzmasse nachträglich eingetreten ist, so könnte nur das hangende Gestein als Ganzes gelüftet sein, und die auffällige Konzentration dieser Expansivspannung auf einen einzigen Punkt, und sei dieses selbst der Punkt der größten Lagermächtigkeit (was übrigens noch unbewiesen ist) bleibt durchaus rätselhaft.

Ähnliche Verhältnisse herrschen im südlichen Alger. Bereits Alberti hatte einige Kenntnis von diesem Vorkommen, das aber erst 1872 von dem

französischen Bergingenieur Ville eingehend beschrieben wurde.¹⁾ Am besten ist der Salzberg von Rhang-el-Melah im Becken von Zahrez dargestellt (siehe Fig. 3 u. 4). Die Aufschlüsse sind nicht sehr tiefgehend, weil nur Tagebau stattfindet. Gegen Siebenbürgen beruht darin eine wesentliche Kompl-

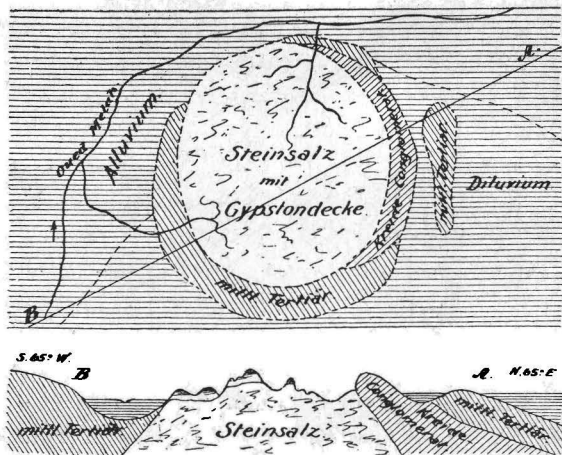


Fig. 3 u. 4.
Ekzem von Rhang-el-Melah (Algier).
Grundriß und Profil.

kation, daß der ebenfalls fast kreisrunde Salzstock von Schichten verschiedenen Alters umgeben ist. Aus dem Grundriß und Profil ist zu entnehmen, daß im Norden und Süden mittleres Tertiär, im Osten Kreidekonglomerat (poudingue) und im Nordwesten Alluvium den Salzkörper „wie ein Ofenschirm“ umgeben. Im kleinen richten sich, wie Fig. 5

1) Exploration du Béni Mzab et du Sahara. Paris 1872. S. 246—276, bes. S. 254 f.

zeigt, die hangenden Schichten mit der Annäherung an den Salzkörper immer steiler auf bis zur Überkippung, ganz wie bei den Salinarfächern Siebenbürgens. Ville erwähnt ferner Einschlüsse von „sekundären Schichten“ in Salz und in der Gipsdecke, die in Siebenbürgen unbekannt sind, und von denen Alberti aus Algier bereits genauere Kunde hatte.¹⁾ Es sind Brekzien und große Blöcke von begleitenden schwarzen Kalken, welche häufig augenscheinlich aus dem Liegenden stammen.

Ville weiß dieses Verhältnis nicht anders zu erklären, als durch eine schlammig-salzige Eruption eines „magma gypso-salifère“. Nur so ist der auffällige Unterschied zwischen der äußeren Form des Salzkörpers und der umgebenden Schichten zu deuten.



Fig. 5.
Ekzem-Kontakt in Algier
nach Ville.

Bei Ain Hadjera haben solche Salzvorkommen 1 km Durchmesser, und Alberti gibt die Größe des unweit gelegenen Salzberges Djebel Sahara auf 4 km Umfang bei 200 m Höhe an.

Es ist wohl verständlich, daß die Geologie mit den einfachen vulkanistischen Erklärungen, wie sie hier Ville gibt, nichts anzufangen wußte. Trotzdem aber bleibt es kaum zu entschuldigen, daß die vielen Tatsachen, welche seit 1850 die Besonderheit des salztektonischen Problems mit doch so überzeugender Deutlichkeit verkündigten, einfach ignoriert

1) l. c. Bd. I, S. 345; Bd. II, S. 32.

wurden und auf die Entwicklung der dynamischen Geologie ohne jeden Einfluß geblieben sind. Es ist dies nur ein Beweis dafür, wie unendlich viel wichtiger, als die nackte Aufzählung von Tatsachen die Entwicklung der wissenschaftlichen Begriffe ist, besonders in einer so rein empirischen Wissenschaft, wie sie die Geologie in ihrer heutigen Entwicklung darstellt.

Wir stehen vor der Tatsache, daß bei uns Ochsenius der letzte Salzforscher ist, welcher mit den Studien der Halurgo-Geologen, wie wir sie hier kurz charakterisiert haben, Fühlung gehabt hat. In seinem Buch über die Bildung der Steinsalzlager findet sich noch eine Stelle¹⁾, wo Umbiegungen, Falten, Zickzack und Kurven im Lager von Douglasshall in ihren bizarren Figuren erwähnt werden und durch den inneren Zuwachs nach Volger und Pošepny gedeutet werden.

II. Die neue Richtung.

Die Tektoniker (seit 1880).

Es ist eine unbeabsichtigte Wirkung der alpinen Gebirgsgeologie, daß die Weiterverfolgung des Salzformungsproblems seit etwa einem Menschenalter aufgegeben wurde. Seit Heim im Jahr 1878²⁾ die erste eingehende Beschreibung der tektonischen Gebirgsstörungen in den Schweizeralpen gegeben hatte und in der Plastizität der Gesteine unter hohem Druck die passive und in der Kontraktion der Erdrinde die aktive Ursache für die Ausbildung von

1) Halle 1877, S. 10f.

2) Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung. II. Bd.

Deformationen konstatiert hatte, von deren gewaltigem Ausmaß man vorher nicht die geringste Vorstellung gehabt hatte, nachdem ferner Suess in seiner großzügigen „Entstehung der Alpen“ für die Erklärung von Massenstörungen durch Horizontal Schub ein schier unerschöpfliches Schema gegeben hatte, da glaubte man auch die Verzerrungen in den Salzlagern durch gesteigerten horizontalen Druck erklären zu können, wobei die große Plastizität der Salze sich sozusagen a priori ergab. In den letzten Jahren, insbesondere, seitdem es Rinne gelungen ist, tatsächlich Steinsalz und Sylvin unter sehr hohem Druck plastisch zu biegen, und seitdem in den Alpen jene Decken und liegenden Falten durch die französischen Geologen nachgewiesen wurden, welche die Heimschen Bewegungsbilder noch um ein Vielfaches übertrumpften, da war scheinbar kein Grund mehr dafür vorhanden, bei den Deformationen der Salzmassen nach besondern Kräften zu suchen. Durch die weiteren Ausführungen werden wir zu beweisen uns bemühen, daß diese Übertragung alpiner Begriffe zu logischen Unmöglichkeiten führt, ja daß vielleicht manches, was jetzt in den Alpen für tektonisch gehalten wird, umgekehrt nach Art der Deformation in Salzlagern durch Autoplastie erklärt werden muß. Vorläufig kommt es uns nur auf den Nachweis an, wie nicht nur die Anschaulichkeit, sondern auch die Gründlichkeit bei Untersuchungen der bereits nach der älteren Literatur behandelten Salzlagerstätten durch Anwendung des alpinen oder tektonischen Schemas gelitten hat.

Zunächst ist Tatsache, daß unter dem Druck dieser Vorstellungen, welche anzuwenden man sich

scheute und welchen entgegentreten man ebenso wenig den Mut hatte, überhaupt die tektonische Beschreibung von Salzlagerstätten einfach verstummt ist. Schon das ist ein sehr bedenkliches Zeichen.

Und nehmen wir einmal eine Salzlagerstätte genauer vor, über die wirklich einmal hier und da eine Notiz sich vorfindet: die von Cardona, so finden wir von drei Augenzeugen seither Berichte darüber:

1884¹⁾ von Stapf. Er konstatiert ein „antiklinales“ (oben sahen wir ausdrücklich: es ist tatsächlich ein zirkuläres) Streichen der Sandsteinschichten über dem Salzberg im Gegensatz zum allgemeinen isoklinalen Nordwestfallen der Umgebung. Es soll verursacht sein durch ein Weglösen des Salzes. Dadurch könnte doch wohl nur eine Mulde oder etwas Ähnliches entstehen. „Unter dieser Voraussetzung“ bildet das Steinsalz ein konkordantes Lager in losem Sandstein. — Ein „Lager“ aber mit vertikaler Schichtung und unbekannter Teufenerstreckung. Wie bereits 1830 Dufresnoy feststellte! Vidal berichtet 1898²⁾ über eine Exkursion der französischen Geologischen Gesellschaft nach dem berühmten Salzberg. Die obere Masse soll tektonisch gefältelt sein. Über Fältelungen in der untern wird nichts berichtet. Sie hat vielleicht triassisches Alter und liegt im Zentrum einer Antiklinale.

Neuerdings hat E. Kaiser den Salzberg besucht.³⁾ Auch bei seiner Beschreibung vermissen

1) Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1884, S. 401—404.

2) Bulletin de la société géologique de France (3) 26, S. 725—728.

3) Das Steinsalzvorkommen von Cardona in Catalonien. Neues Jahrbuch für Mineralogie usw. 1909. I, S. 14—27.

wir ein Eingehen auf die interessanten Angaben von Dufresnoy über die Kuppelform der Deckschichten und die hufeisenförmige vertikale Bänderung der unteren Masse. Die Kleinfaltung der hangenden Salzschieben, welche nicht in das liegende weiße Salz übergeht, wird auf die Plastizität und lokale Sackungserscheinungen durch Auslaugung zurückgeführt.

Über das Salzlager des mittleren Muschelkalks am Neckar hat 1899 Reis wieder berichtet.¹⁾ Das Ausgehende des Lagers ist gefaltet unter und über ungefalteten Begleitschichten, das Lager selbst gewellt. Neben der Albertischen Erklärung durch Aufblähen der Massen — bei allem Mangel ihrer unpräzisen „pseudo-eruptiven“ Formulierung — kommt uns die neue nüchterne Erklärung durch Neigung bei der Ablagerung durchaus unbefriedigend vor, wenn wir die Albertischen Spezialprofile aus Wilhelmsglück zum Vergleiche heranziehen, auf denen nicht selten heftige Windungen, ja Überkippen der Schichten gezeichnet sind, und die hangenden und liegenden Nebengesteinsschichten so gar nicht an dieser Bewegung teilnehmen.

Neue Ansätze.

Die Zahl der Beispiele dafür, daß die Anwendung der tektonischen Theorie auf die Formgebung der Salzlager zu Unzuträglichkeiten führt, ließe sich noch beliebig vermehren, und der Beweis hierfür soll noch für unsere norddeutschen Kalilagerstätten weiter ausgeführt werden. In dieser historischen Übersicht kommt es uns noch darauf an, zu zeigen,

1) Zeitschr. f. prakt. Geol. 1899, S. 153—167.

daß sich hier und da schon die Opposition gegen die herrschende Theorie geregt hat und die Ansätze zu einer Revision der Theorien über den Bau von Salzmassen bereits vorhanden sind.

Daß Kaiser für die Fältelung der oberen Steinsalzmassen in Cardona nicht Kräfte in der Erdrinde, sondern nur lokale Auflösungen voraussetzt, war bereits erwähnt worden, und er deutet sogar eine Nutzanwendung an auf Erscheinungen in den deutschen Zechsteinsalzlagerstätten.

Noch vor Reis hatte Endriß die Fältelung des Anhydrits im Ausgehenden der Salzlager am Neckar durch sekundäre Auslaugung erklärt.

Wesentlich unabhängig von den herrschenden Vorstellungen ist auch die Beschreibung, welche Kohler über die sogen. Steinsalzzüge des Salzstockes von Berchtesgaden gegeben hat.¹⁾ Zwar ist auch hier die Anordnung der reinen Steinsalzpartien (Kernstriche) noch dadurch erklärt, daß sie sich senkrecht zum erhöhten Druck bei der Gebirgsbildung angeordnet haben; aber diese Verschlingung der Salzzüge soll nicht mechanisch, sondern chemisch vor sich gegangen sein, und es wird dabei auf die theoretischen Untersuchungen von Riecke und die petrographischen Studien von Becke Bezug genommen. Bis ins einzelne ist diese Einstellung auf die Richtung der Gebirgsbildung zu verfolgen; denn die neu ausgeschiedenen sogen. Salzaugen sind ebenfalls parallel zu den Salzstrichen eingeordnet und in der Längsrichtung korrodiert, während die Kanten senkrecht dazu wohl erhalten sind.

1) Geognostische Jahreshefte 16, S. 105—124 (1903).

Aus der von Reis beigegebenen Karte ist übrigens der Parallelismus des Streichens mit der Richtung der alpinen Faltung nicht zu ersehen. Vielmehr geht daraus ein zirkuläres und auch im Großen gewundenes Streichen hervor, aus welchem ein alpines Generalstreichen abzuleiten durchaus dem subjektiven Ermessen anheimgestellt bleiben muß. Rein tektonisch beanspruchte Gebilde pflegen sich auf horizontalen Druck weit schärfer senkrecht einzustellen. Erwähnenswert ist auch bei diesem alpinen Vorkommen der Einschluß von gewaltigen Linsen von Nebengestein, in diesem Falle von Liasmergel, welches eben nach Alberti ein Kennzeichen der „Akromorphen“ ist und von neueren Autoren, namentlich von Teisseyre und Mrazec, von den Salzmassen Rumäniens berichtet wird.¹⁾

Zum Glücke haben sich die Bedenken, welche sich bei uns einer objektiven Darstellung der Salztektunik entgegenstellten, nicht den Geologen in Amerika mitgeteilt, und ich bin in der Lage, wohl als erster auf Publikationen von Harris und Veatch in Louisiana hinweisen zu können, welche salztektonische Erscheinungen am mexikanischen Golf vollständig durch Autoplastie zu deuten unternommen haben²⁾, und welche zwar nicht ohne Kritik hingenommen werden können, aber wohl auch dem Eifrigsten unserer Tektoniker zu denken geben werden.

Die Staaten Louisiana und Osttexas sind durch

1) Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1903, S. 197 ff.

2) Louisiana States geolog. Survey, bull. Nr. 7 und Economic Geology. IV. 1909, S. 12—34.

einen sehr einfachen geologischen Bau ausgezeichnet. Im Norden und Westen, in einigen hundert Kilometer Abstand von der Küste, verläuft die Grenze von Kreide und Tertiär, und konzentrisch legen sich daran die einzelnen Stufen vom Eozän bis zum Quartär derart, daß stets das jüngere Band dem Golfe näher liegt. Das Quartär allein hat über 2000 Fuß Mächtigkeit, und die gesamten tertiären Schichten erreichen sicher ein Vielfaches dieses Betrages. In diesem ungestörten Gebiete erscheinen nun zwischen 91° und 96° westlicher Länge und $28^{\circ}30'$ und 33° nördlicher Breite etwa fünfzig Salzstöcke oder „salines“, welche vollkommen identisch sind der Größe, wie den morphologischen Erscheinungen nach, mit den Ekzemen, die bereits beschrieben sind. Vor allem beruht diese Ähnlichkeit auf dem zirkulären Streichen (qua-qua-versal dip) des Ekzem-Futters. Die salines treten zum Teil als Erhebungen aus dem Marschland am Golf hervor und sind dann auf hunderte von Meilen sichtbar. Weiter nach Norden ist aber die Erosion soweit fortgeschritten, — daß sie bereits einnivelliert sind oder gar konkave Mulden in der Landschaft bilden. Als Nebengestein ist an ihnen Kreide, und zwar nicht die oberste Stufe, sondern der sogenannte Anona-Kalkstein aufgerichtet und außerdem ältere Tertiärschichten im Niveau der ungestörten jüngeren Schichten. Die salines sind erfüllt von reinem Steinsalz, welches durch Gips verunreinigt ist und, ganz im Sinne der Albertischen Kriterien, große Massen von Kalk, Dolomit und verhärtete Linsen von kalkigem und kieseligem Gestein in allen Größen und unbekanntem Alters enthält. Endlich sind an diese salines die großen Schwefel- und Erd-

öllager der südamerikanischen Provinzen gebunden.¹⁾ Die Gipse bilden feine Lagen, welche in vertikalen Streifen die Salzlager durchsetzen, und wir gehen wohl nicht fehl, wenn wir sie mit den Streifen in der unteren Masse von Cardona und in den Stöcken Siebenbürgens oder endlich mit den Anhydritjahresringen unserer Kalilagerstätten vergleichen.

Dies ist allerdings nicht die Meinung von Harris. Er geht bei der Erklärung dieser Ekzeme von der Tatsache aus, daß sie sich mit einiger Annäherung auf Linien anordnen lassen, welche parallel zu bekannten Verwerfungen in der nördlichen Kreidelandchaft verlaufen. Mehrere Ekzeme zeigen auch eine elliptische Verlängerung in der Richtung dieser hypothetischen Verwurfslinien. An den Schnittpunkten dieser Verwerfungen, welche in dem tieferen Felsuntergrund verborgen sind, kommen Salzquellen empor, die sich in großen Tiefen durch Auslaugung mesozoischer oder jungpaläozoischer Salzsichten gesättigt haben. Mit dem Aufsteigen müssen sich die Salzquellen abkühlen; somit muß eine Ausscheidung von Steinsalz stattfinden, da die Aufnahmefähigkeit des Wassers für Steinsalz mit der Temperatur abnimmt. Legt man eine geothermische Tiefenstufe von 90 Fuß zugrunde, so müßten bei etwa 4000 Fuß Tiefe durch die Abkühlung größere Massen von Steinsalz zur Ausscheidung kommen, und die Kristallisationskraft, welche nach Day und Becker²⁾ ungefähr gleich der Bruchfestigkeit der Steinsalzkristalle ist, müßte dann

1) Prof. Harris kündigt einen ausführlichen Bericht über diese Paragenese an in den Veröffentlichungen der United States Geological Survey.

2) Wash. Acad. Sci. Proc. Bd. 7, S. 288 (1905).

imstande sein, den Pfropfen des überliegenden Gesteins zu sprengen und allmählich empor zu heben, indem sich an derselben Stelle immer wieder neues Steinsalz unten ausscheidet (siehe Fig. 6). Hierbei wird der sich in dieser Tiefe bildende Steinsalzkegel zwar an der Spitze durch zirkulierendes Untergrundwasser aufgelöst, aber der eigentliche Kern durch die senkrecht und schützend aufgerichteten Nebengesteinsschichten vor der Auslaugung bewahrt. Ebenso drangen auf der Zufuhrspalte Gipslösungen empor und ihre Ausscheidungen legten sich seitwärts an den Steinsalzkörper an, um später jene vertikalen Streifen zu bilden. Eine Hebung des Landes, in welcher sich „salines“ bilden, wird eine Senkung der Isogeothermen und ein Aufwärtsschieben der Salzstöcke eventuell bis über die Oberfläche hervorrufen. Es kann sich sogar unter dem ersten ein zweiter Stock bilden, der den oberen aufwärts drängt (vgl. Fig. 7). Eine Senkung des Landes muß die Wärmetiefenlinien in die Höhe rücken und eine Wiederauflösung an der Basis der Masse und eine höhere Ausscheidung des Salzes hervorrufen. Deckschichten mit großer Widerstandsfähigkeit, z. B. starke Kalksteinplatten, werden heftig aufwärts gebogen, bevor eine Randzerreiung der Schichten eintreten kann (siehe Fig. 8 u. 9).

Die Harrissche Hypothese ist aus einfachen geologischen Erwägungen heraus unannehmbar. Zunächst widerspricht es jeder Erfahrung, daß in Tiefen von vielen Tausend Metern noch vadose Wässer kontinuierlich auslaugen können, und daß Salzwasser in Berührung mit Steinsalz bis zu ihrer absoluten Sättigung sich anreichern. Sodann tritt bei der Auf-

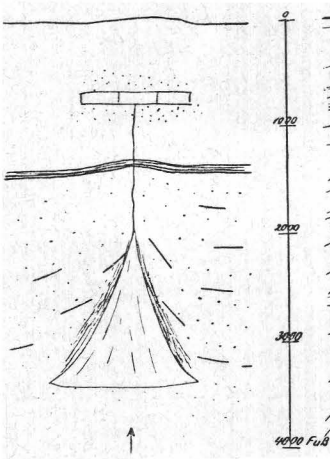


Fig. 6.
Entstehungsphase.

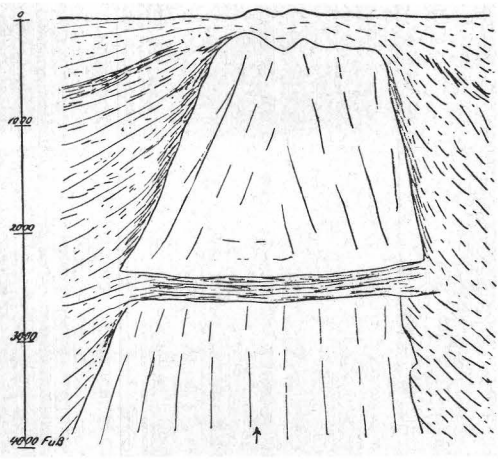


Fig. 7.
Profil durch Petite Anse, Süd-Louisiana
nach Harris.

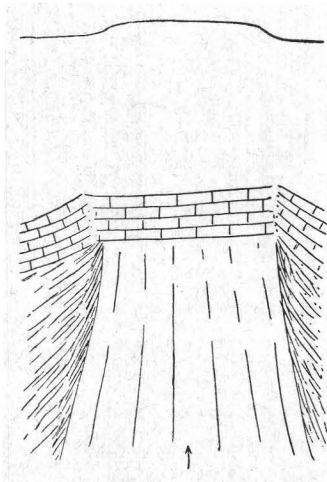


Fig. 8.
Entstehungsphase.

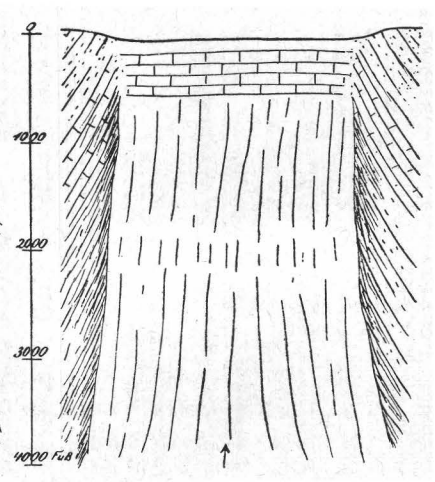


Fig. 9.
Profil durch Drake's Saline, Nord-Louisiana
nach Harris.

wärtswanderung durch Vermischung mit hinzutretendem Süßwasser und durch Diffusion eine Verringerung des Salzgehaltes der Sole sein. Nur in den seltensten Fällen sind Solen angetroffen worden, welche hochgradiger waren, als eine Mischung gleicher Teile gesättigten und süßen Wassers, und wenn auch nur auf sieben Teile gesättigter Sole ein Teil Süßwasser kommt, so ist eine Tiefenausscheidung durch Abkühlung undenkbar, weil selbst auf 180° überhitztes Wasser, welches in einer Tiefe von 14000 Fuß nach Harris vorkommen müßte, nur 31 Teile Chlornatrium aufnehmen kann gegen 27 Teile bei 0° an der Oberfläche.

Die Schwierigkeit des gleichzeitigen Absatzes von Gips, für das bei sinkender Temperatur die Lösungs-fähigkeit des Wassers zunimmt, ist auch durch die diesbezüglichen Erklärungsversuche von Harris nicht behoben.

Niederschläge von kristallinen Massen aus wässriger Lösung sind ja dem Erzlagerstättenbergmann etwas Allbekanntes. Sie gehen so vor sich, daß auf den Aszensionsspalten zuerst die Salbänder inkrustieren, und die Metallösung allmählich den ganzen Hohlraum verstopft. Erweiterungen können nur auf metasomatischem Wege vor sich gehen. Selbst wenn bei der Kristallisation, wie einige annehmen, Expansionskräfte auftreten sollten, so können sie nur zu einem Druck auf die Salbänder und zu einer Zertrümmerung des Nebengesteins führen, aber niemals hat man auch nur eine Andeutung dafür gefunden, daß sich bei der Erzausscheidung ein zylindrischer Pfropfen nach aufwärts in Bewegung setzt.

Aus anderen Ländern führt Harris die bereits

geschilderten Ekzeme von Rhang-el-Melah und von Máros Ujvas an. Hier besonders liegt das primäre Salzlager in viel zu geringer Tiefe, als daß bei der Aszension genügend Ausscheidungen durch Abkühlung hätten erfolgen können, um die beobachtete Kraftwirkung zu erzielen. Außerdem hat noch niemand jemand in Zweifel gezogen, daß die vertikalen Streifungen in dem Ekzemsalz die Schichtungen sind, welche horizontal liegen, wo die Salzlager in Siebenbürgen konkordant angetroffen werden. Es findet sich daher auch keinesfalls das Ekzemsalz auf sekundärer Lagerstätte, wie die Harrische Hypothese verlangt.

Dieser historische Überblick zeigt wohl zur Genüge, daß das geologische Sonderproblem von dem Bau großer Salzmassen bisher noch als gänzlich ungelöst zu betrachten ist. Wenn überhaupt irgendwo, so muß diese Frage bei uns in Norddeutschland zum Austrag kommen, denn an keiner Stelle und zu keiner Zeit sind auch nur annähernd so großartige und so weitverbreitete Aufschlüsse in Salzmassen geschaffen worden, als in den letzten Jahrzehnten durch den deutschen Kalibergbau. Gerade durch die Notwendigkeit, in gewaltigen Salzmassen eine bestimmte Schicht von verhältnismäßig nur geringer Mächtigkeit zu verfolgen, wird der Kalisalzbergmann gezwungen, den Bau der Zechstein-Salzmassen auf das Genaueste bloßzulegen, denn Schichtenstörungen, welche der Steinsalzbergmann achtlos durchfährt, weil es ihm nur um Gewinnung großer Hohlräume, gleichgültig in welcher speziellen Lage seines Salzstockes, zu tun ist, können für die Ausrichtung eines geringmächtigen Kalilagers entscheidend werden.

Sodann sind die chemisch-physikalischen Einflüsse viel mannigfaltiger bei den aus so verschiedenartigen Salzen zusammengesetzten Lagerstätten der Kalisalze, als im reinen Steinsalz.

Bevor wir aber die eigentlichen Deformationsursachen darlegen, welche den innern und äußern Bau der norddeutschen Kalilagerstätten bewirkt haben, sollen noch einmal besonders einige Gründe angeführt werden, welche in Norddeutschland gegen die Anwendung der herrschenden tektonischen Theorie auf unser Problem sprechen, weil diese Ideen den gefährlichsten Hemmschuh darstellen für die Entwicklung der Salzlagerstättenforschung überhaupt.

III. Das heutige Bild in Norddeutschland.

Auch im Gebiete des norddeutschen Kalibergbaus macht sich bisher unter dem Einfluß der herrschenden tektonischen Vorstellungen ein Mangel an Darstellungen von dem Bau der Lagerstätten geltend. Dieser Mangel erschwert natürlich die Aufgabe, diesen Anschauungen entgegenzutreten, die überall zugrunde liegen, denen man auch in der Praxis auf Schritt und Tritt begegnet, welche aber nirgends in der Literatur so deutlich ausgesprochen sind, daß man sie einer wissenschaftlichen Kritik unterziehen könnte.

Diesen Mangel kann man nicht etwa damit erklären, daß die Aufschlüsse noch zu unbekannt sind, oder daß sich noch nicht genügend Bearbeiter gefunden hätten für das durch den Bergbau gewonnene geologische Material. Denn ein anderer Zweig der geologischen Wissenschaft, die Stratigraphie, namentlich die Lehre von der Entstehung der Zechsteinsalzlagerstätten, hat heute bereits eine

sehr beträchtliche Entwicklung hinter sich, und auch in dieser Zeitschrift finden sich ausführliche Referate über die diesbezüglichen Arbeiten von Ochsenius¹⁾, Everding²⁾ und Erdmann³⁾, Untersuchungen, welche sich in eingehender und sehr scharfsinniger Gedankenarbeit die Fülle der neuen Aufschlüsse in den Kalibergwerken zunutze machen. — Der Verfasser dieser Studien ist nun weit davon entfernt, die Bedeutung dieser Arbeiten zu unterschätzen und will demnächst noch einiges neue Beobachtungsmaterial zur Lösung dieser Fragen vorbringen⁴⁾, die durchaus noch nicht als erledigt angesehen werden dürfen; trotzdem aber muß bedauert werden, daß darüber die sowohl theoretisch wie praktisch weit bedeutenderen Aufgaben vernachlässigt wurden, welche der Geologie auf tektonischem Gebiete gestellt sind durch die Großartigkeit der Störungen in der Struktur der Salzmassen einerseits und ihre ausge dehnte bergbauliche Aufschließung andererseits.

Wir wollen kurz die bisherigen tektonischen Darstellungen an uns vorüberziehen lassen.

Die Tektonik des Leinetals und seines Zechsteinsalzuntergrundes hat in den 90er Jahren eine heftige Diskussion hervorgerufen zwischen von Koenen⁵⁾ und Kloss⁶⁾.

1) Vgl. Riemann, Entstehung der Salzlagerstätten; Kali 1907, S. 2 ff.

2) Kali, 1907, S. 460 ff.

3) Kali, 1908, S. 362 ff., 387 ff., 411 ff.

4) Die Natur des Everdingschen deszendentes Haupt-salzkonglomerats. Monatsberichte der deutschen geol. Ges., Bd. 62, 1910, S. 318 — 321.

5) Über die Lagerung der Schichten im Leinetal bei Alfeld. Neues Jahrbuch für Miner. usw. 1898. I. S. 68 — 70. Nachmals die Lagerung der Schichten im Leinetal. Ebd. II. 1915 f.

6) Tektonische Verhältnisse des norddeutschen Schollen-

Nach Kloss, welcher die Tiefbohrungen vor allem berücksichtigt, liegen hier mächtige Überschiebungen von Zechsteinsalz auf Buntsandstein vor, und die Bewegung soll älter sein als Kreide, während von Koenen nach der Oberflächenbeschaffenheit einen Leinetalgraben tertiären Alters gebildet sah, in welchen Muschelkalk und älteres Tertiär eingesunken ist. Hierzu ist eine neuere Publikation von Grupe zu vergleichen¹⁾. Durch neuere Bohrungen wurde nach seiner Ansicht die von Koenensche Auffassung bestätigt, weil die östliche Randspalte tatsächlich angefahren wurde. Im Graben selbst wurde nicht Zechsteinsalz erbohrt, sondern Salz im oberen Buntsandstein (Rötsalz mit Kali).

Eine Reihe von tektonischen Beobachtungen aus Kalisalzbergwerken veröffentlichte von Koenen im Jahre 1905²⁾. Sie sind ganz im Sinne der Heim-Sueßschen alpinen Lehre geschrieben. Die Lagerungsverhältnisse auf „Hohenzollern“ werden gedeutet als eine überschobene Antiklinale mit den Zeichen einer durch Wirkung des gesteigerten Tangentialdruckes erzielten Ausquetschung. Bei Salzgitter sind durch den inzwischen zum Erliegen ge-

gebirges etc. Festschrift der techn. Hochsch. Braunschweig 1897. S. 25—75. Über die Ergebnisse der Tiefbohrungen auf Kalisalze im Leinetal. Neues Jahrbuch 1898 II. 61—63. Verschiebungen usw. 11. Jahresbericht des Vereins f. Naturwissenschaft zu Braunschweig. 1898. S. 110—116.

1) Über die Zechsteinformation im Eichsfeld und Leinetalgebiet. Zeitschr. für praktische Geologie 1909. S. 185 bis 205.

2) Über die Wirkung des Gebirgsdrucks im Untergrunde von tiefen Salzbergwerken. Nachrichten der Königl. Gesellschaft d. Wissenschaften zu Göttingen 1905. Math.-phys. Klasse, S. 17--34.

kommenen Bergbau nur Schichten des Röt und des unteren und mittleren Muschelkalks angetroffen worden. Der letzteren Stufe gehören auch die angefahrenen Salzmassen an, obwohl sie sonst große Ähnlichkeit mit dem Zechsteinsalz zeigen. Mächtige Reibungskonglomerate sind Beweis für einen gewaltigen Gebirgsdruck, der vielleicht auch die ungewöhnlich hohe Temperatur der Schichten (bis 54 °C) hervorgerufen hat.

Aus Vienenburg wird das Profil eines Querschlags beschrieben, in welchem Zechsteinsalz mit einer steilen Verwerfung an Muschelkalk stößt. In die Spalte eingeklemmt findet sich ein Rest von Kreideton.

Bei „Justus I“ liegt über Tage eine flache Antiklinale im Buntsandstein vor mit etwa 12° Einfallen nach Osten. In der Tiefe sind die Spuren der Gebirgsfaltung weit bedeutender. Es sind verschiedene Schnitte durch eine Antiklinale im Salze gegeben, welche Überkipfung und Überfaltung zeigen.

Zum Schluß wird ausdrücklich die Wirkung des Gebirgsdrucks in den Salzgebirgen verglichen mit denen in den Alpen. Den Reibungsbreccien von Salzgitter entsprechen die „Haselgebirgssalze“ der alpinen Salinisten. Der Salzton von „Justus“ zeigt gar Spuren einer durch Gebirgsdruck (Dynamometamorphose) erzeugten Gneis-Struktur.

Nach den Bohrungen bei Otersen unweit Verden stellte Tornquist¹⁾ 1906 ein Profil zusammen, welches in Fig. 10 mit gewissen Abänderungen wiedergegeben ist, die wir weiter unten begründen

1) Deutschlands Kaliindustrie, Beilage zur „Industrie“ 1906, S. 93—97.

werden. Es ist die erste der Öffentlichkeit übergebene Darstellung von den interessanten, allein durch Bohrungen erschlossenen Zechsteinsalzvorkommen im Flachland, und ihre Deutung gibt sich nach Tornquist durch Ausbildung eines unter der — später selbst wieder aufgewölbten — Kreide diskordanten Zechsteinsattels. Wir wollen schon

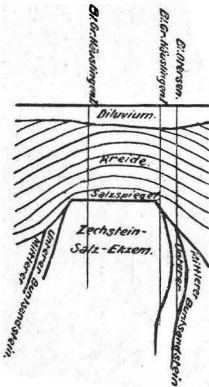


Fig. 10.
Bohrprofil von
„Aller-Nordstern“.

hier auf die frappante Ähnlichkeit der norddeutschen Salzgebirgsprofile mit den Harrischen Schilderungen aus Louisiana und den Pošepnyschen Bildern aus Siebenbürgen hinweisen. (Fig. 2, S. 19; Fig. 7 u. 9, S. 35.)

Die geologischen Verhältnisse von Jessenitz in Mecklenburg hat Geinitz geschildert.¹⁾ Zwei mächtige Carnallitlager, durch Steinsalzbänke und eine als „Schwarzer Streifen“ bezeichnete Leitlinie getrennt, stehen

auf dem Kopf und sind streichend zusammengefaltet. Im Grundriß ergibt sich eine gebogene, fast schlierige Abgrenzung der Lager. Die einzelnen Lagen verzüngen sich keilförmig nach Norden und weiten sich fächerförmig nach Süden aus, derart, daß hier die Jahresringe weitläufiger angeordnet sind. Die Salzmassen bilden einen nach Südwesten schwach übergeneigten steilen Sattel, dessen Sattellinie im Streichen schleifen-

1) Nettekoven-Geinitz, Die Salzlagerstätte von Jessenitz in Mecklenburg. Mitteilungen der Meckl. Geolog. Landesanstalt 1905.

förmig verbogen ist. Als Beweise starker tektonischer Pressungserscheinungen führt Geinitz ferner an: große isolierte Blöcke von Dolomit und Ton, welche von verbogenen Quetschflächen durchzogen sind; Gleitflächen und Klüfte im Streichen; endlich eine Überschiebung, bei der unter 55° Steinsalz mit geschleppten Jahresringen auf roten Carnallit verlagert ist.

Das Nachbarwerk von „Jessenitz“, „Friedrich Franz“ bei Lübtheen, ist ebenfalls von Geinitz beschrieben worden¹⁾. Hier treten die Verwerfungs- und Pressungserscheinungen zurück. Nur im älteren Steinsalz sind gelegentlich Gleitflächen zu konstatieren. Querschlägig sind verschiedene isoklinale Steilsättel durchfahren worden. Das Hauptlager (ein normaler Brecciencarnallit mit Salzton und Anhydrit) zeigt bei steiler Lagerung einen halbkreisförmigen, nach Norden zu offenen Bogen mit Rückbiegung an den Enden.

Im ersten Teil der Festschrift zum X. allgemeinen deutschen Bergmannstag, betitelt „Deutschlands Kalibergbau“²⁾ wird wenig neues Material für unsere Frage erbracht. Im Hauptteil von Everding wird auf S. 50 die Spezialfältelung in den Kalilagern behandelt und durch eine Reihe trefflicher Abbildungen erläutert. Die Ursache ist der tangentielle Gebirgsdruck. Die Differenzierung seiner Wirkung wird mit der Verschiedenheit im Grade der Plastizität bei den einzelnen Salzsorten erklärt.

1) Beiträge zur Geologie Mecklenburgs. XX (Schluß). IV. Zechstein. Archiv des Vereins der Freunde der Naturgeschichte Mecklenburgs. 63. 1909. S. 1—56.

2) Der Stand der Salzlagerstättengeologie. Refer. in dieser Zeitschrift 1907, S. 460.

Die allgemeine geologische Einführung von Bey-schlag skizziert den tektonischen Gesamtbau Nord-deutschlands, soweit darin der Kalibergbau reicht, nach dem Stande der Forschung der Geologischen Landesanstalt. Die Zechsteinsalzmassen haben ihre Formgebung erhalten durch den herzynischen Fal-tungsprozeß, der erst lange nach ihrer Entstehung

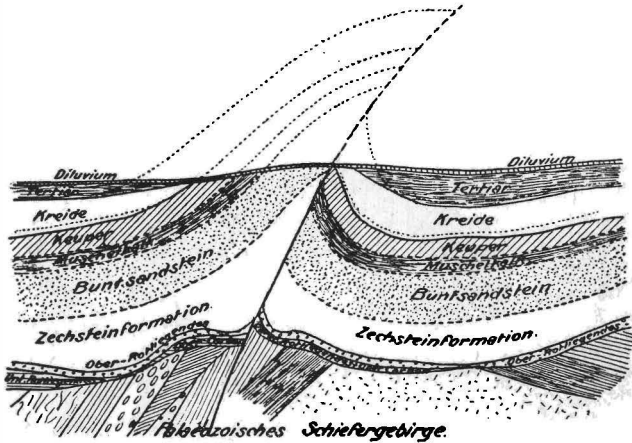


Fig. 11.

Schema der Salzfoldung nach Everding.

in der Kreidezeit einsetzte und seinen Höhepunkt in der mittleren Tertiärzeit, im Miocän, erreichte. Freilich ist die Wirkung des tangentialen Gebirgs-drucks verschieden, je nach der Tiefenlage der Schichten und deren Beschaffenheit. So erscheint, wie die Everdingschen schematischen Profile (Fig. 11—13) dartun, der zum Teil bereits in der Karbonzeit gefaltete Kern des Grundgebirges nur zu einer Schwelle aufgebogen, die mesozoischen Schollen sind in der mannigfaltigsten Weise gegen-

einander verschoben, die zwischen beiden liegende Salzmasse ist aber infolge ihrer hohen Plastizität auf das Äußerste zusammengestaucht und in alle Lücken der zersprengten Decke hineingepreßt.

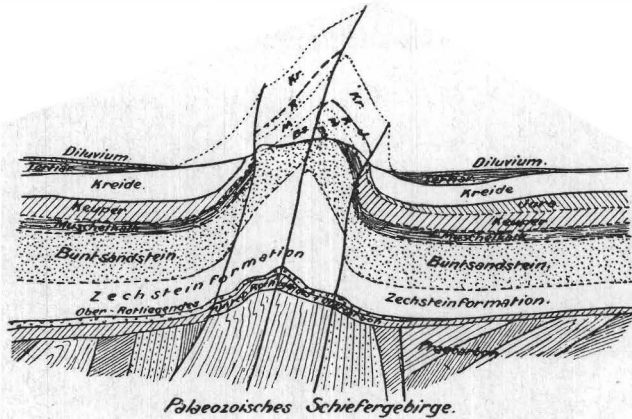


Fig. 12.

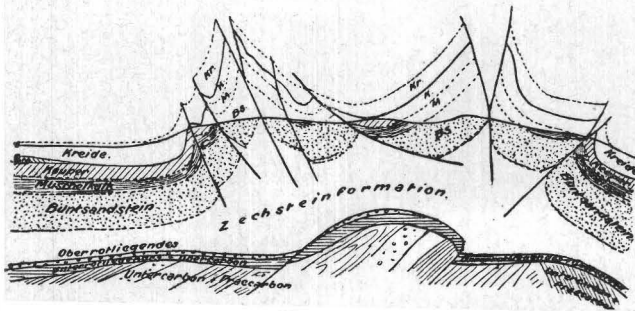


Fig. 13.

Schema der Salzfaltung nach Everding.

Durch diese Darstellung charakterisieren sich die Lagerungsverhältnisse der Magdeburg-Halberstädter Mulde, in welchen das Salzvorkommen an gewisse, hintereinander angeordnete, schmale Hebungszone

geknüpft ist. In der Südharz-Thüringer Mulde, im Werra- und Fuldagebiet herrschen ruhige Lagerungsformen. Das südhannoversche Faltungs- und Schollengebiet ist in seinem südlichen Teil gekennzeichnet durch herzynische Faltungsprozesse, wie sie in der Magdeburg-Halberstädter Mulde herrschen und daneben durch die wohl nahezu gleichaltrigen Grabenbrüche mit herzynischer NW-Richtung und rheinischer N-Richtung.

In Nordhannover gehen die Kalibaue um auf stark gepreßten und unregelmäßig durch Verwerfungen begrenzten, horstartigen Pfeilern von Trias und Zechstein, welche weit jüngere Schichten durchragen. Weiter im Norden, im eigentlichen Tiefland, sind diese Horste kombiniert mit einem Faltenwurf aus Jura und Kreide, welcher demjenigen der älteren Schichten in den Subherzynmulden analog ist. Fig. 40 gibt eine Vorstellung von diesen Tieflands-„Faltenhorsten“.

Da wir es unternehmen wollen, besonders die Tieflands-Zechsteinpfeiler nicht durch tektonische Vorgänge als Horste, sondern durch autoplaste Prozesse als Ekzeme zu deuten in Übereinstimmung mit den alten Albertischen Ideen, so müssen wir auch die Literatur über das bekannteste derartige Vorkommen mit heranziehen, über den Zechstein bei Lüneburg. Er hat seit den Tagen von Hoffmann und Volger natürlich vielfache Bearbeitung erfahren¹⁾, aber es dürfte genügen, wenn auf die

1) Literatur-Zusammenstellung bei von Linstow, Die organischen Reste der Trias von Lüneburg. Jahrbuch der Landesanstalt für 1903. S. 161—164.

neuesten Beschreibungen von Müller¹⁾ und Gagel²⁾ hingewiesen wird. Sie bieten insofern Neues gegenüber den alten Darstellungen, als inzwischen eine Reihe von Tiefbohrungen auf Kali stattgefunden und den Untergrund in wesentlichen Punkten aufgeklärt haben.

Der permische Pfeiler hat einen doppelten Kopf: den Kalkberg und den Schiltstein, die durch Trias getrennt sind. Beide zusammen ergeben ein fast kreisförmiges Gipszentrum von 1 qkm Grundfläche. Auf dem Schiltstein ist das obere Zechsteinsalzlager in vertikaler Stellung erbohrt worden. Der Doppelpfeiler ist umgeben von stark zerrütteter und steilstehender Trias, deren einzelne Schichten insbesondere im oberen Muschelkalk eine ungewöhnliche Mächtigkeit aufweisen. Ringsherum liegt, ebenfalls in sehr steiler Lagerung Kreide, und zwar transgrediert an der Oberfläche Senon auf Kohlenkeuper, während in der nur 200 m von einem Muschelkalkausbiß angesetzten Bohrung Königshall II bei fast 600 m Teufe noch Kreide angetroffen wurde! Ganze Schichtkomplexe im Muschelkalk und in der Kreide sind derart von Gips- und Anhydritschnüren imprägniert, daß sie kaum mehr erkenntlich waren. Wir werden hier lebhaft an die von Buchsche Vorstellung erinnert von dem Aufdringen vulkanischer Gase, welche den Kalk vergipsen können, eine Vor-

1) Erläuterung zur geol. K. v. Pr. Lfr. 108. Blatt Lüneburg.

2) Über die Trias bei Lüneburg Monatsber. der d. geol. Ges. 1908, S. 317—324 und Beitrag zur Kenntnis des Untergrundes von Lüneburg. Jahrbuch der Landesanstalt für 1909. S. 165—255.

stellung, die dann durch Hoffmann auch auf Lüneburg angewandt wurde.

So hat sich an den Beobachtungen wenig geändert, desto mehr an den Erklärungen. Während es in vormärzlicher Zeit feststeht (Volger 1845: „constat“), daß hier eine Salzeruption stattgefunden hat, wird heute gar nicht mehr diskutiert über die anscheinend selbstverständliche Tatsache, daß hier ein tektonischer Horst vorliegt, ein durch riesige Senkungen ringsherum isolierter Rest des jüngst noch weit höher gelegenen paläozoischen Bodens unter dem norddeutschen Tiefland.

Weiterhin wird eine raumgeometrische Betrachtung der Störungsform ergeben, daß die ältere Auffassung die größere Wahrscheinlichkeit für sich hat, wenn auch die Deutung durch vulkanische Kräfte unzulänglich ist.

Die Zechsteinhorste im südhannoverschen Faltings- und Schollengebiet sind vornehmlich durch die auffallende Erscheinung gekennzeichnet, daß über ihnen häufig nicht etwa Buntsandstein lagert, sondern jüngere Schichten verschiedenen Alters. Man entsinnt sich bei diesen ganz modernen Feststellungen sofort wieder der alten Hoffmannschen Beobachtungen in Norddeutschland und Albertis „Akromorphen“ Regel von der generellen „ungleichförmigen Lagerung“ der Salzmassen.

In Tiefbohrungen und Schachtaufschlüssen wurden bisher Schichten des oberen Keupers, des weißen Juras (Münder Mergel), der oberen Kreide (obere Quadratenkreide, Senon) und endlich des Tertiärs (Unteroligocän und Miocän) in flacher Lagerung

über steil aufgerichtetem, unzweifelhaftem Zechsteinsalz angetroffen.

Hier sind nach der herrschenden Meinung zwei Erklärungsmöglichkeitengegeben: Entweder, es handelt sich um eine transgressive Überlagerung, wobei dann die Faltung im Zechstein und seine Erosion jedesmal älter sein muß als die Deckschichten, oder aber die jüngeren Schichten sind durch tektonische Störungen in ihre heutige Lage geraten und zwar durch ganz flache Überschiebungen, denen aber wegen der anomalen Auflage von Jüngerem statt Älterem auf der Schubfläche schon bedeutende Faltungs- oder Senkungserscheinungen vorausgegangen sein mußten. Für beide Deutungen haben sich in letzter Zeit Vertreter gefunden.

Für die erste Auffassung sind vor allem die Arbeiten von Stille¹⁾ maßgebend, der im letzten Jahrzehnt im Anschluß an die Studien von Bertrand²⁾ im Pariser und Londoner Becken durch Beobachtungen am Osning und an der Egge den Beweis dafür erbracht hat, daß nicht nur im Miocän, sondern in weit älteren Zeiten bei uns Schollenbewegungen stattgefunden haben. Die tektonischen Bewegungen sind nach Stille: jungjurassisch, vor- oder frühsenon, voroligocän oder jungpostmiocän.

Es ist daher nicht zu verwundern, daß Harbort³⁾,

1) Besonders: Über das Alter der deutschen Mittelgebirge. Zentralblatt für Mineralogie usw. 1909. S. 270 bis 286.

2) Sur la continuité du phénomène de plissement dans le bassin de Paris. Bulletin de la Société Géologique de France 1892, S. 118—165.

3) Ein Beitrag zur Kenntnis präoligocäner und kretazischer Schichtenstörungen in Braunschweig und Nordhannover. Monatsber. d. d. g. G. 1909. S. 381—391.

welcher eine Überlagerung von senoner Kreide auf aufgerichtetem Zechstein und eben so steil aufgerichteter unterer Kreide im Braunschweigischen nach den Bohrungen der Gewerkschaft Hannover östlich der Oker feststellte, den Zechsteinhorst als in jener zweiten Stilleschen Störungszeit ausgebildet und dann durch obere Kreide transgressiv überlagert annimmt. Der Zechsteinsalz kern hat nach den Bohrungen unter Tage eine Breite von $1\frac{1}{2}$ und eine Länge von mindestens $2\frac{1}{2}$ km. Harbort zieht hierbei die Aufschlüsse von Otersen zum Vergleich heran (s. Fig. 10) die natürlich ebenso durch Transgression nach vorsenoner Faltung erklärt werden.

Dieser Deutung fällt scheinbar auch das Profil der Tiefbohrung im Neuen Lande bei Bremen anheim, welches Wolff¹⁾ bekannt gemacht hat und in welchem unter 550 m Quartär und Alttertiär bis 730 m obere Kreide und von da an Anhydrit und Steinsalz des oberen Zechsteins erteuft wurden.

Diese Erklärung ist aber nicht anwendbar auf das Gebiet des oberen Allertals unweit Helmstedt. Denn hier liegt nach der Beschreibung, die unlängst Schmierer²⁾ gegeben hat, nicht nur Oligocän und weißer Jura, sondern auf weite Strecken oberer Keuper direkt auf dem Gipshut des Zechsteinsalzes. Hier verbietet sich die Deutung durch Transgressionen nach herzynischen tektonischen Prozessen deshalb, weil man unmöglich die heftigen Faltungen des Zechsteins vor die obere Keuperzeit verlegen darf.

1) Der Untergrund von Bremen. Ebenda 1909. S. 348. bis 365.

2) Zur Tektonik des oberen Allertals und der benachbarten Höhenzüge. Ebenda 1909. S. 499—514.

Wenn man aber die zweite der oben skizzierten Lösungen, die Deutung durch ganz flache Überschiebungen, heranzieht, so ist die logische Folge daß nicht nur der Keuper, sondern auch die jüngeren Gesteinslappen, namentlich weißer Jura und Unteroligocän auf den Zechsteinhorst überschoben, daß ferner nach den Schachtvorbohrungen von „Alleringersleben“ sogar derselbe Komplex von Keuperschichten, der schon als Überschiebungslappen auf dem Salzhorst ruht, als unter Jura und unter Tertiär unterschoben aufgefaßt werden muß! Ein bisher noch niemals in der Erdrinde beobachteter oder auch nur vermuteter Bewegungsvorgang. Es soll an anderer Stelle unternommen werden, dieser unwahrscheinlichen tektonischen Konstruktion eine Lösung nach der autoplasten Methode gegenüberzustellen.

Am Schlusse dieser Literaturübersicht darf ein ebenso kurzer, wie inhaltsreicher Aufsatz nicht fehlen, dem der Verfasser dieser Studien äußerst wertvolle Anregungen verdankt. Fulda¹⁾ hat durch den Vergleich von Bohrungen zwischen Kyffhäuser und Hainleite die Beobachtung gemacht, daß selbst bei starker Neigung der Schichten das Zechsteinsalz in einem größeren Bezirk immer in der gleichen absoluten Teufe erreicht wird, und diese Erscheinung sehr treffend einen „Salzspiegel“ genannt. Er glaubt das Phänomen dadurch erklären zu können, daß die Zechsteinsalze durch zirkulierende Grundwasser in einer fast horizontalen Fläche ausgelaugt wer-

1) Die Oberflächengestaltung in der Umgebung des Kyffhäusers als Folge der Auslaugung der Zechsteinsalze. Zeitschrift für prakt. Geol. 1909. S. 25—28.

den. Wir werden auf diese, freilich abweichend zu deutende Tatsache späterhin noch zurückzukommen haben. Es verlohnt sich übrigens, in der Originalarbeit nachzulesen, zu welcher wichtigen praktischen Folgerungen diese einfache Beobachtung unmittelbar zu führen geeignet ist.

So ergibt sich als allgemeines Bild von der heutigen tektonischen Auffassung über den Bau der norddeutschen Salzlagerstätten das folgende:

Die permischen Salzmassen sind in ihrem äußeren und inneren Bau beherrscht von dem herzynischen Faltungsprozeß, auf welchen sie wegen ihrer hohen Plastizität heftiger reagierten als die Gesteinsmassen im Liegenden und Hangenden. Dem Alter nach sind die Salzfaltungen vorwiegend tertiär, zum Teil älter, nämlich frühsenon. Gegen diese Auffassung sind folgende Einwendungen zu erheben:

1. Derjenige Teil Deutschlands, in dem der Kalibergbau umgeht, ist seit der Karbonzeit überhaupt gar nicht gefaltet worden.
2. Salzmassen sind unter den obwaltenden geophysikalischen Umständen nicht etwa plastisch, sondern im höchsten Grade spröde.
3. Die „Falten“ sind älter, als jede tektonische Einwirkung.
4. Die Deformationen, welche die Salzmassen in ihrem inneren und äußern Bau aufweisen, können schon ihrer mathematischen Form wegen gar nicht durch Faltung entstanden sein.

Der Beweis dieser Einwendungen wird den Inhalt der nächsten Folge dieser „Studien“ ausmachen.

Zweite Folge.

Einwendungen.

I. Phänomene.

Wenn man von ihrem Inhalt absieht und lediglich unter dem Gesichtspunkt ihrer Form die Kohlenflöze Westfalens vergleicht mit den deutschen Kalisalzlagerstätten, so ist dies der Hauptunterschied: dort eine einheitliche und in großen Zügen ausgeprägte Anordnung in Mulden und Sätteln, und hier eine zunächst unabsehbare Fülle von den seltsamsten Formen in allen denkbaren Dimensionen. Jedes Kalirevier, ja jedes Grubenfeld und jede Strecke hat für den aufmerksamen Beobachter ihre deformativ-Individualität, und es ist zunächst außerordentlich schwer, gewisse typische Störungsarten herauszufinden und die bunte Fülle in ein System zu bringen.

Wenn trotzdem im folgenden der Versuch unternommen wird, einzelne, als gesetzmäßig erkannte Deformationen bei Namen zu nennen und charakteristische Vorkommen abzubilden, so war dabei der Wunsch leitend, für diese so überaus merkwürdigen Phänomene gerade unter den Praktikern um Interesse zu werben. Denn es ist eine alte Erfahrung, daß geologische Sonderbeobachtungen, wie wir sie

hier im Auge haben, am vollkommensten sogleich beim Vortrieb der Strecken oder bei Anlage der Firsten festgehalten werden, einmal wegen des psychologischen Moments, weil beim Auffahren die Muße für solche Studien da und das Interesse rege ist und zweitens aus dem praktischen Grund der Vergänglichkeit der Aufschlüsse im Salz. Wie die Dinge liegen, können zurzeit die einfachsten Skizzen von größtem wissenschaftlichen Werte sein, und umgekehrt hat sich oft erwiesen, wie fruchtbar neue Theorien rückwirkend für die Praxis werden können.

Die nachfolgenden Beschreibungen sind zunächst gegeben unter Verzicht auf Erklärung und geben die tatsächlichen Phänomene mit gelegentlichem Hinweis auf die Unzulänglichkeit der tektonischen Theorie.

Es ist durchaus die Regel, daß die einzelnen Salzschiebepakete, wenn sie auf längere Erstreckung hin in Grundstrecken verfolgt werden, sich nicht im gleichen Niveau halten, sondern in mehr oder weniger deutlichen Wellenlinien auf- und absteigen. — In einer Grundstrecke im Liegenden des Carnallitlagers der Grube „Westeregeln“ bei Egel, Schachanlage IV, ist die Photographie Fig. 14¹⁾ aufgenommen, welche die Verbiegung solcher mächtigen Steinsalzschieben zeigt.

Dieses Bild ist deshalb als besonders charakteristisch herausgewählt, weil hier gleichsam der Beginn einer solchen Verbiegung im Bilde zu sehen ist. Die dunkleren Partien (s. die Skizze Fig. 15) stellen Steinsalzbänke *a* dar, welche von helleren

1) Der Abdruck der Photographie selbst erfolgt an einer späteren Stelle.

Carnallitschnüren durchzogen sind. Aus dem gleichen Material (kieseritisch verunreinigter Carnallit) besteht das etwa handbreite Band *b*, welches sich in Schlangenwindungen in der Mitte quer über das Bild hinzieht. Das hellweiße Nest *c*, das die mittlere Wölbung dieses Bandes auskleidet, ist eine Neubildung, sogenannter posthumer Carnallit.

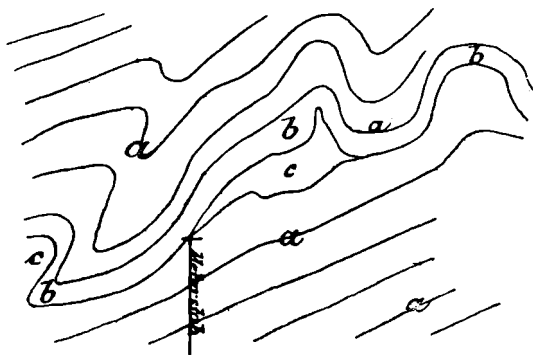


Fig. 15. Skizze zu der Photographie Fig. 14.

a = Steinsalz mit Schnüren von Carnallit.

b = Bank von kieseritischem Carnallit.

c = Posthumer Carnallit mit Kieserit (Neubildung).

Man sieht nun folgendes: In den unteren Partien des Stoßes ziehen sich die Salzgesteine ziemlich ungestört mit gleichmäßigem Einfallen nach links dahin. In den hangenden Bänken aber entsteht scheinbar unvermittelt eine lebhafte Verbiegung aufwärts. Durch das Auseinandertreten der oberen und unteren Bänke ist aber kein Hohlraum entstanden, sondern es hat sich in dem Zwischenraum eine neue Mineralbildung von marmorweiß gefärbtem kieseritischem Carnallit angesiedelt.

Nur in den seltensten Fällen gelingt es, solche Verbiegungen isoliert für sich zu beobachten. Der häufigste Fall ist das Auftreten zahlreicher, einander kreuzender und sich gegenseitig beeinflussender minimaler Verbiegungen, welche jede für sich die Nachbarschaft um wenige Zentimeter, höchstens Dezimeter versetzen und aus dem ursprünglich horizontalen oder geneigten Parallelismus der Schichten ein krauses Durcheinander von zierlichen Windungen und Arabesken schaffen. Ein sehr geeignetes Material, um solche kleinen Deformationen zu studieren, sind die Anhydritschnüre oder „Jahresringe“ im älteren Steinsalz. Hier sind häufig Bezeichnungen wie Verschlingung oder Verkrampfung am Platz.

Die Fig. 16, 17 u. 18 geben ein instruktives Bild von der unregelmäßigen Linienführung, wie sie sich beim Abteufen und Streckenauffahren des Schachtes „A“ ergeben hat. Man sieht, wie jeder Jahresring für sich und sozusagen unbekümmert um den Nachbar seinen Verlauf nimmt, wie gelegentlich, aber durchaus regellos, eine Schicht von der über- oder unterliegenden abgeschnitten wird, oder spurlos ein Anhydrithäutchen im Salze sich verliert. Das gleiche nervöse Hin und Her zeigt Profil und Grundriß¹⁾ und trotzdem kann man unschwer ein generelles Streichen und Fallen herauslesen, nur erscheint das große Lagerungsbild verwirrt durch eine Unzahl lokal wirkender und scheinbar richtungsloser Kräfte, deren Geltungsbereich im einzelnen

1) Die grundrißliche Darstellung ist hinsichtlich der Schlingenbildung schematisch, da beim Auffahren nur das generelle Streichen festgehalten wurde.

kaum handbreit ist, und die sich hier und da durch zufällige Summation in bestimmten Richtungen zu Verschiebungen bis einige Meter Ausmaß zueinander addieren.

Etwas größer in den Dimensionen und noch abenteuerlicher in der Form ist das in der Fig. 19 dargestellte Schlingwerk einer Steinsalzbank, welche sich in ein beiderseits zurückgebogenes Hartsalzlager wie mit Fangarmen hineindrängt. Das Bild ist einem Aufschluß in dem sonst sehr regelmäßig gestalteten unteren Lager der Gewerkschaft „Alexandershall“, entnommen.

Während diese Arabesken ein für den Tektoniker ganz ungewöhnliches Bild zeigen, scheint in den zierlichen Steinsalzschnitten von Salzdet-

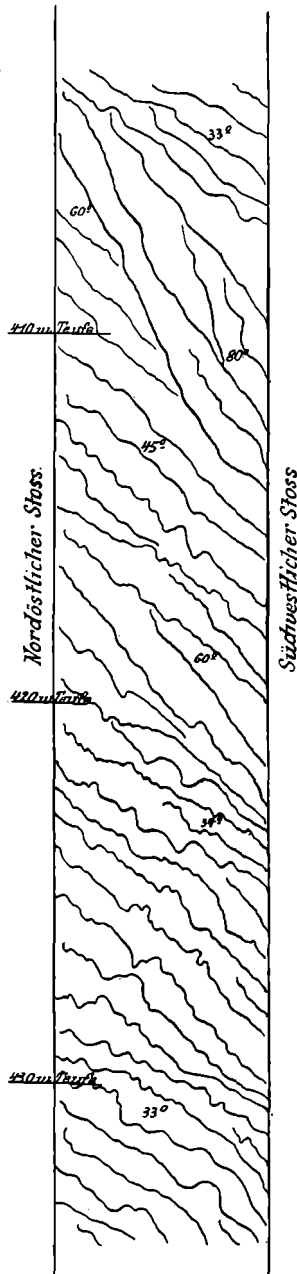


Fig. 16. Verschlingung von Steinsalzschnitten der Grube A. Schachprofil im älteren Steinsalz.

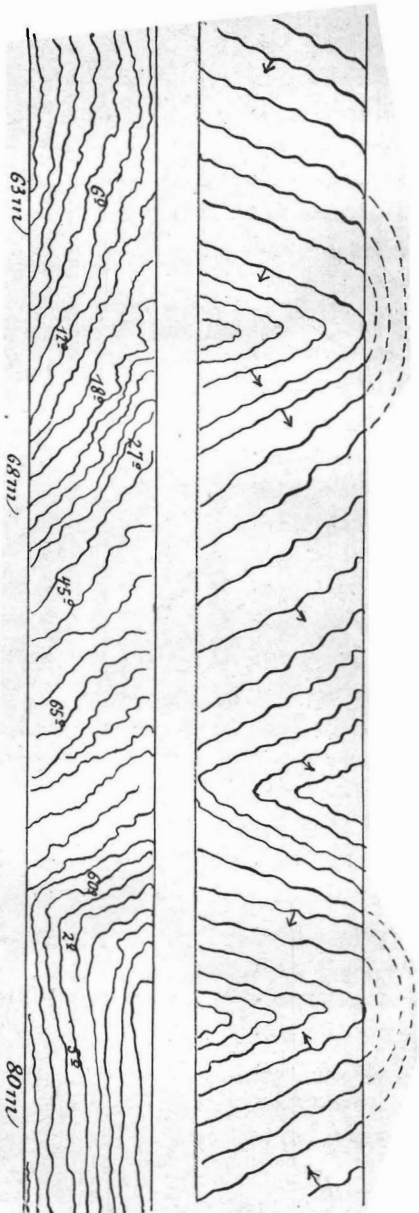


Fig. 17 u. 18. Verschlingung von Steinsalzschichten der Grube A.
Grundriß und Profil des 430 m - Querschlags im älteren Steinsalz, 60 bis 80 m vom Schacht.

furth, wie sie Fig. 20 zeigt, zunächst ein bekanntes Phänomen vorzuliegen. Die parallel aufgewundenen Steinsalzbänke sehen wie Modelle aus zu den sogenannten „liegenden Falten“ der alpinen Geologen, aus denen sich in der Theorie die modernen Überfaltungsdecken herleiten. Diese Erscheinungen sind es denn auch, durch welche Rinne zu seinen be-

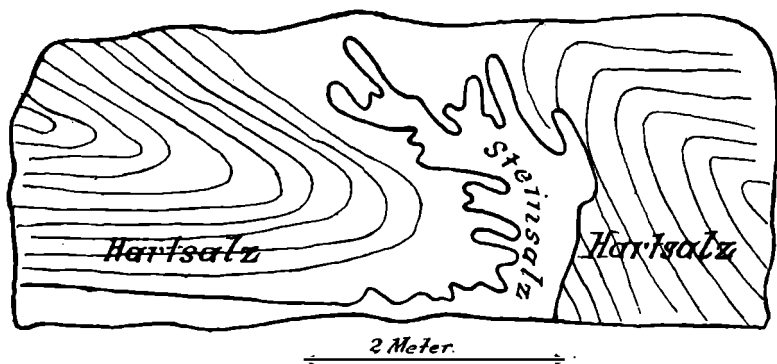


Fig. 19. Steinsalzschnitz in Hartsalz.
Unteres Lager der Grube „Alexandershall“ bei Berka a. d. Werra.
Südliche Hauptstrecke 217 m vom Schacht.

kannten Versuchen veranlaßt wurde, die in gleicher Weise die Heimsche Plastizitätstheorie wie ihre Anwendung auf die Salzlagerstätten stützen sollten.

Es besteht indessen ein sehr wesentlicher Unterschied zwischen diesen Steinsalzschnitzungen und Faltenbildern. Die Falten sind streng im Streichen angeordnet und kommen daher nur in Profilen zur Wahrnehmung, während wir bei deformierten Steinsalzlagen wie die Salzdetfurther mit Schnitten in allen Ebenen des Raums Kurven von der gleichen Inten-

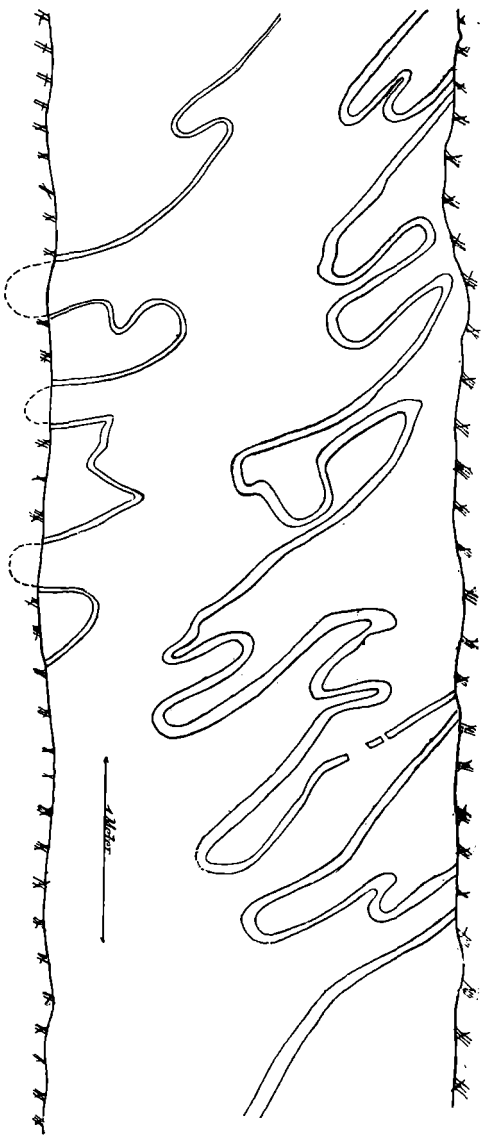


Fig. 20. Zwei mäandrierende Steinsalzschlingen im posthumen Carnallit der Grube „Salzdefurth“, 775 m Sohle. Südwestfeld. Streichende Strecke unter dem Sylwinitabau I und II. Oktober 1909.

sität erhalten. Das dargestellte Mäandermuster ist z. B. einer streichenden Strecke entnommen, also ein Schnitt, in dem bei faltungstektonischen Deformationen Kurven überhaupt nicht vorkommen, wie weiterhin klar werden wird.

Sehr beachtenswert ist, daß sich im unteren und oberen Steinsalzbänkchen in geringer Entfernung ganz verschiedene Kurven ausgebildet haben.

Bei Betrachtung von Schlingen, wie die dargestellte, wird man vom tektonischen Standpunkt aus nicht umhin können, ganz außerordentlich große gebirgsbildende Kräfte zugrunde zu legen, weil die räumliche horizontale Konzentration eine ganz erhebliche ist. Die beschriebenen Phänomene sind nun aber keineswegs an Gegenden gebunden, in denen man nach der Konfiguration des Deckgebirges und der bekannten geologischen Geschichte des Untergrundes starke horizontale Kräfte voraussetzen darf. Zu den ruhigst gelagerten Gebieten Thüringens ist z. B. zweifellos die Querfurter Mulde zu rechnen, welche sich bei Heygendorf als ganz flaches Becken gegen die Niederung von Artern heraushebt. Die Neigung gegen die Muldenlinie beträgt kaum mehr als einige Grad.¹⁾ Auf der diesem Beckenrande eingelagerten Zechsteinplatte baut nun die Gewerkschaft „Thüringen“, und auch ihre sehr mächtigen carnallitischen Kaliflöze sind der Beckenform angepaßt und im großen und ganzen sehr ruhig gelagert.

Trotzdem treten hier die Verbiegungs- und Ver-

1) Vgl. geolog. Spezialkarte von Preußen Lieferung 19, Blatt Ziegelroda.

krampfungserscheinungen in einem grandiosen Maßstabe auf, so daß die beobachteten Lagerungsbilder im einzelnen in einem geradezu phantastischen Gegensatz stehen zu der ruhigen Gesamtlagerung der Schichten. Es ist nämlich den Carnallitschichten nahe am Liegenden eine Steinsalzbank von fast 1 m Mächtigkeit eingelagert, und mit dieser gewaltigen Schicht haben die deformierenden Kräfte ihr regelloses Spiel getrieben. Man sieht den Steinsalzpacken in immer neuen und abenteuerlichen Figuren an den Stößen und Firsten der Abbaue hin- und hergezogen, hier überstürzt und dort wieder zurückgebogen, so daß selbst die großen Firsten nicht ausreichen, um die weiten Windungen dieser Bank zu fassen und zu ruhiger Betrachtung aufzunehmen. Fig. 21 gibt ein, wenn auch unvollkommenes, Bild von diesem Steingewoge. — Um auch hier eine Vorstellung von der räumlichen Anordnung zu geben, sind bei der Darstellung drei Ebenen senkrecht zueinander im Raum gewählt: Zwei senkrechte Ebenen (Stöße) und eine wagerechte (Firste). Die horizontale wiegt vor als Deformationsebene, aber doch nicht in dem Maße, daß dadurch die Vorstellung einer allgemeinen Richtungslosigkeit ausgeschlossen wäre.

Aber nicht nur einzelne Schichten, sondern ganze Teile von Lagerstätten können von der krampfartigen Bewegung erfaßt werden. Das Profil durch den IV. westlichen Querschlag von „Bleicherode“, welches Fig. 22 darstellt, zeigt das Südharz-Kalilager in seiner bekannten reichen Entwicklung. Ein bis 40 m mächtiger Gemengecarnallit¹⁾ wird im Hangenden

1) Dieser Ausdruck wird vorläufig gebraucht für den von mir angefochtenen Begriff „Hauptsalzkonglomerat“ oder „kon-

und Liegenden begleitet von zwei sehr mächtig entwickelten Sylvinitlagern, von denen das hangende z. T. direkt, z. T. unter Zwischenschaltung eines geringmächtigen Steinsalzpackens dem Salzton unterlagert, während das liegende dem älteren Steinsalz aufliegt. Das Profil läßt nun auf das deutlichste erkennen, wie das untere Lager zu den absonderlichsten kleinen Kuppen und Kesseln ausgestülpt ist, während das obere nur den in dieser Gegend normalen Schichtenabfall nach Süden aufweist. Die Linienführung des deformierten Sylvinitpackens, der durchschnittlich immerhin 10 m Mächtigkeit besitzt, ist an sich schon für den Tektoniker etwas Ungewöhnliches und keinesfalls das Bewegungsbild einer Faltungszone. Von Mulden und Sätteln darf man schon deshalb bei dem unteren Lager nicht reden, weil die dargestellten Deformationen natürlich nicht im Streichen durchgehen, vielmehr ergibt sich ungefähr dasselbe Bild bei jedem Schnitt senkrecht zu dem gewählten.

Es dürfte schlechthin unerklärlich sein, weshalb bei gleicher petrographischer Beschaffenheit das hangende Sylvinitlager oder gar der doch zweifellos hochplastische Salzton nicht von den supponierten gebirgsbildenden Kräften mitergriffen worden ist.

Man könnte sich mit der Vorstellung behelfen, daß die „Faltung“ im unteren Lager der Sedimentation des oberen vorausging und daß dieses transgressiv auf vorher gefalteten Schichten liege.

glomeratischer (Breccien-) Carnallit“. Vergl. Über die Natur des Everdingschen deszendentes Hauptsalzkonglomerats. Monatsberichte der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Bd. 62, 1910, S. 318 bis 321.

An anderer Stelle aber ist das obere Lager „gefaltet“ und das untere ruhig. Da ferner aus stratigraphischen Gründen ein irgendwie erheblicher Schichtenkomplex vor der Transgression nicht fort-erodiert sein kann, so müßten die sonderbaren „Faltungen“ sehr nahe der Oberfläche entstanden sein, was selbst die Verteidiger der tektonischen Plastizitätstheorie ablehnen würden. Überdies kann im allgemeinen als erwiesen gelten, daß solche Bewegungen im liegenden Salz sehr bald aufhören, und endlich steht nach Bohrungen und Aufschlüssen am benachbarten Harzrand fest, daß die Zechsteinschichten unter den Salzen tektonisch den triassischen Deckgebirgsschichten gleichwertig sind und den Gedanken einer derartig heftigen Dislokationsperiode im oberen Zechstein verbieten. Alle Erwägungen der Art legen eine lokale Entstehungsursache nahe.

Man wolle auch in Betracht ziehen, daß wir mit diesen gewaltigen Störungsbildern, die mit ihren Dimensionen schon an die vielgenannten Faltungsbilder an der Axenstraße heranreichen, uns nicht etwa in einem tektonisch heftig bewegten Faltungsgebirge befinden, sondern im Untergrunde der Tafellandschaft im Südhartzvorland, welche mit Recht von jeher als das Muster einer gänzlich ungestörten Beckenlandschaft gegolten hat!

Selbst die zuletzt behandelten zählen aber erst zu den geringfügigeren Deformationen, insofern als noch nicht die ganze Lagerstätte von ihnen ergriffen wird. Es gibt nun aber eine ganze Reihe von Kalilagern, die als Ganzes innerhalb der relativ unbewegten Zechsteinsalzplatte Bewegungen vorgenommen haben.

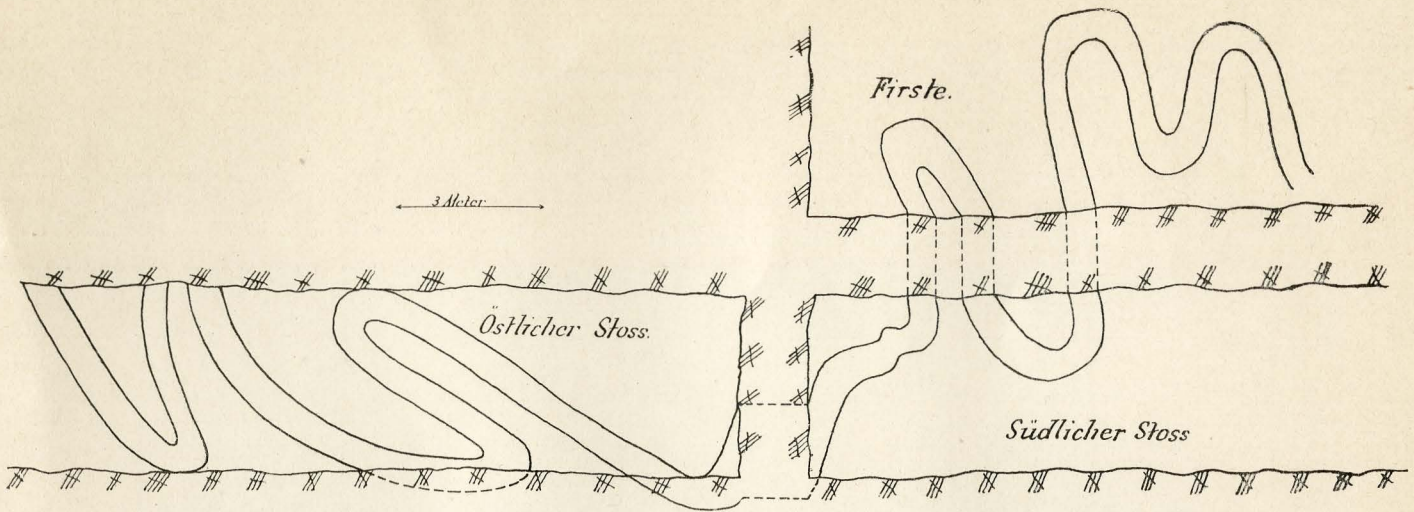


Fig. 21. Vorschreitende und rückläufige Schlingen einer Steinsalzbank im Gemengecarnallit der Grube „Thüringen“ bei Heygendorf. 400 m-Sohle Abbau Ia. September 1909.

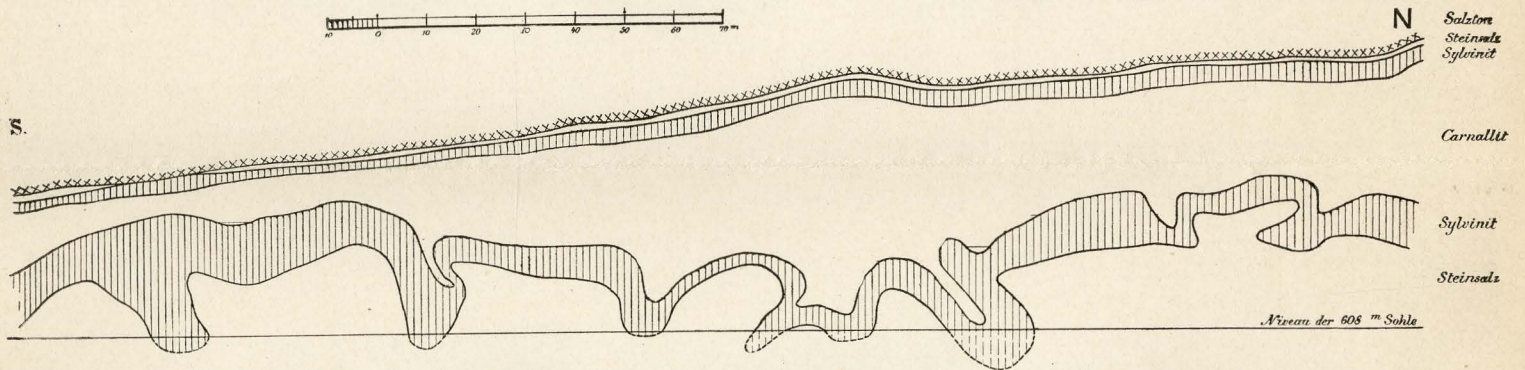


Fig. 22. Kleine Kuppen und Kessel (Salzkrampf) aus der Lagerstätte von „Bleicherode“. Profil durch den IV. westlichen Querschlag.

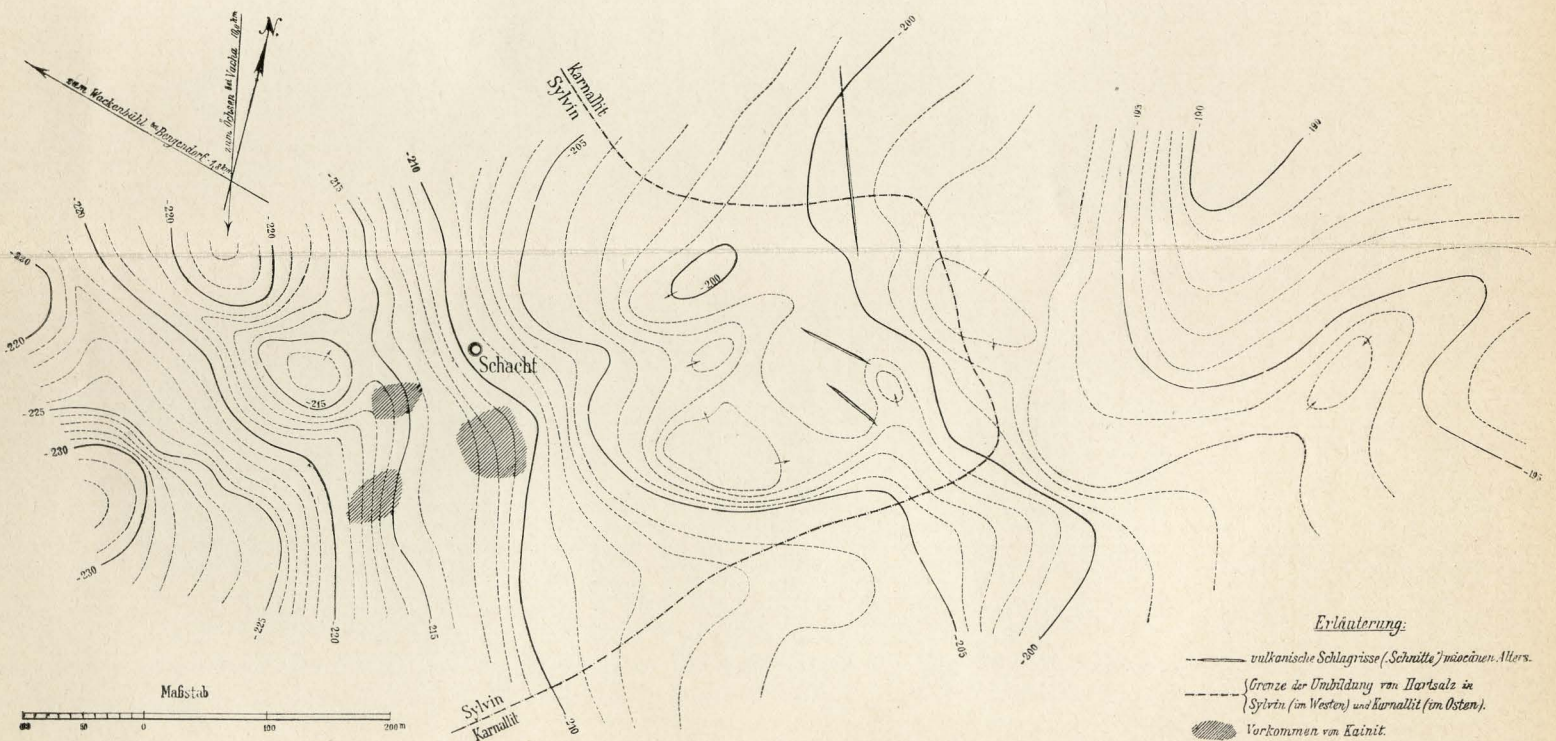


Fig. 23. Kuppen und Kessel im oberen Kalilager von „Wintershall“ bei Heringen a. d. Werra. Isohypsen der Hangendfläche des Hartsalzlagere.

Gewissermaßen das Embryonalstadium solcher Kalisalz-Eigenbewegungen zeigen uns die Aufschlüsse der Flöze im Werratal. Es handelt sich hier, wie bereits aus der Darstellung von Everding bekannt ist, um zwei besondere, je 2 bis 6 m mächtige Hartsalzlager und Carnallitflöze als Einlagerung in eine etwa 250 m mächtige Zechsteinsalzplatte bei einem gegenseitigen durchschnittlichen Abstand von 100 m. Die Deckschichten, bestehend aus Buntsandstein und z. T. noch Muschelkalk, zeigen ein schwaches Abfallen unter 5 bis 8° nach Südwesten, entsprechend der Beckenlagerung zwischen Thüringer Wald und Spessart.

Die Kalilager sind nun in schwächerem oder stärkerem Maße zu Kuppeln und Kesseln deformiert worden, die sowohl in ihrer Größe, wie in ihrer Verteilung eine außerordentliche Unregelmäßigkeit zeigen. Größere Neigungswinkel treten in keinem Falle auf, und doch machen sich diese Störungen fast überall so bemerkbar, daß sie die Ausrichtung und den Abbau wesentlich beeinflussen. An einzelnen Stellen, z. B. in dem unteren Lager bei Berka (Gewerkschaft „Alexandershall“), sind diese Deformationen sehr weitläufig angelegt. Die am höchsten gelegenen Teile des Lagers sind einige hundert Meter von den tiefsten Depressionen entfernt. Der Höhenunterschied, gemessen an dem Abstand von dem sehr ruhig gelagerten oberen Lager, beträgt bis zu 20 m.

Das andere Extrem ist etwa bei dem Kalilager von „Sachsen-Weimar“ unweit Vacha vorhanden, deren jüngst erfolgte Aufschlüsse ein sehr deutliches Bild von ziemlich heftigen Buckeln und Kesseln in

der Firste darbieten. Sie sind in sehr dichten Abständen von 5 bis 20 m angeordnet, weisen aber kaum über einen Meter Höhendifferenz auf, so daß also hier diese Deformationen ohne Einfluß auf den Abbau bleiben.

Zwischen diesen beiden Anordnungen sind nun natürlich alle Übergänge vorhanden, sowohl was den horizontalen Abstand, als auch was die Intensität anlangt. Die Eigenbewegung ist übrigens durchaus regellos über die Fläche verteilt, derart, daß man ganz allmählich oder auch plötzlich aus ganz ruhigen in bewegte Gegenden gelangt.

Einen mittleren Fall findet man in Fig. 23 durchgeführt: Es sind hier nach den Angaben des Grubenbildes der Gewerkschaft „Winteishall“ bei Heringen die Hangend-Isohypsen des oberen Kalilagers von Meter zu Meter zusammengestellt, so daß ein anschauliches Bild dieser Kuppen und Kessel zustande kommt. Man erkennt im großen und ganzen ein Absinken der Höhenlinien in SW-Richtung als Ausdruck der Gesamtbeckenlagerung der Schichten. Weit deutlicher kommen die Eigenbewegungen zum Ausdruck, welche aus Aufkuppungen und Depressionen bestehen mit je einigen Hektar Grundfläche und etwa 10 m gegenseitiger vertikaler Maximalverschiebung.

Die Südharzwerke Ludwigshall, Immenrode, Nordhäuser Kaliwerke und Bleicherode bauen auf mächtigen Aufwölbungen des Kalilagers, ebenfalls ersichtlich die Folge von Eigenbewegungen der kalihaltigen Schicht im Zechsteinsalzlager und wohl zweifellos nur größere Ausbildungen der Kuppen im Werratal. Daß Eigenbewegungen vorliegen, lehrt eine Analyse der Formen und ist ferner zu schließen aus den Er-

gebnissen der zahlreichen Tiefbohrungen, in denen der Abstand vom erreichten Steinsalz bis zum erbohrten Kalilager sehr bedeutenden Schwankungen unterworfen ist.

Die Dimensionen dieser Aufkuppungen sind allerdings erheblich größer als im Werratal, so daß die Grubenaufschlüsse noch nicht ausreichen, um sie allseitig deutlich darstellen zu können. Man wird sich aber ein zutreffendes Bild von ihnen machen können, wenn man sie als Erhebungen von 30 bis 50 m relativer Höhe auf einer Grundfläche von ungefähr einem Quadratkilometer auffaßt. Das Bild von Bleicherode nach Everding (Zur Geologie der deutschen Zechsteinsalze, Abh. der Landesanstalt, N. F. 52, Tafel VII) gibt einen Südharzer Kuppenschnitt nach der tektonischen Auffassung als „Sattel“, aber auch hier ist zu bemerken, daß die Störungserscheinungen in senkrechten Schnitten ähnliche sind, daß es sich also nicht um Faltungssättel, sondern um Rundgebilde und zwar im sonst regelmäßigen Schichtenverband handelt.

Als reine Eigenbewegung innerhalb tektonisch relativ ruhiger Salzmassen möchte ich auch die Gesamtheit der Lagerungsstörungen deuten, welche die Grube „Justus“ bei Volpriehausen im Solling erschlossen und welche schon von Koenen beschrieben hat.¹⁾ Seither sind allerdings die Aufschlüsse wesentlich vorgeschritten und ergeben eine relative Höhe von 250, vielleicht 300 m der Kalilagerkuppe! Über die Ausdehnung im Grundriß sind

1) Über die Wirkungen des Gebirgsdrucks im Untergrunde von tiefen Salzbergwerken. Nachr. d. Kgl. Ges. der Wiss. zu Göttingen 1905. Math.-phys. Klasse, S. 17 bis 34.


vorläufig noch keine Angaben möglich, aber die Gesamtanlage dieses Gebildes wird sich zweifellos über mehrere Quadratkilometer erstrecken.

Auch hier führt der frappante Gegensatz zwischen der schwachen tektonischen Wölbung der Buntsandsteinschichten über Tage und die in Anlage und Intensität unvergleichlich heftigeren und unabhängigen Massenkonzentrationen unter Tage zu der Vorstellung von Eigenbewegungen. Die Profilschnitte in der angezogenen Abhandlung zeigen übrigens zur Genüge, wie wenig diese verbogenen Rundformen in das tektonische Schema von Satteln hineinpassen.

Wieder ein ganz anderes Bild tritt uns entgegen, wenn wir einzelne der Bergwerke nördlich des Harzes besuchen. Hier sind im jüngeren Salz sehr reiche Sylvinitlager erschürft, welche auf große Erstreckung hin in Carnallit posthum umgewandelt sind, wie Everding im Falle Vienenburg sehr anschaulich demonstriert hat. Die Lager sind hier ziemlich steil gelagert infolge der tektonischen Ausbildung der subherzynischen Versenkungsbecken. Es ist hier nun sehr wohl der Fall möglich, daß man beim Befahren unter Tage zunächst von Störungen oder Eigenbewegungen gar nichts wahrnimmt, außer daß hier und da Steinsalzmassen von unten oder oben her in das Kalilager sich einschieben, oder daß die sehr großen Firsten etwas im Streichen gegeneinander versetzt sind. Sieht man aber über Tage die Grubenbilder ein, so ergeht es einem wie dem Reiter über den Bodensee: man hat die Erscheinungen eben ihrer Großartigkeit wegen übersehen.

In Fig. 24 habe ich ein leider nur schematisches

Bild dieser Störungen entwerfen müssen, weil die betr. Werksverwaltung eine authentische Publikation nicht zugelassen hat. Indessen werden Kenner der Verhältnisse zugeben, daß die Darstellung im wesentlichen zutrifft und keineswegs übertrieben ist.

 · Hartsalz

 · Postflimmer-Carnallit

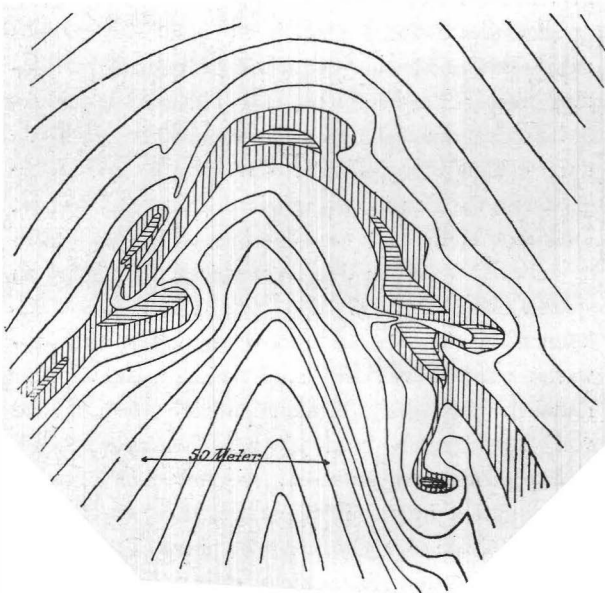


Fig. 24. Deformationsschema (Verkrampfung) eines z. T. umgewandelten Hartsalzagers im jüngeren Steinsalz. Profilausschnitt der Zechsteinschichten in einem subherzynischen „Sattel“-Gewölbe.

Die hier auftretenden Deformationen und Verkrampfungen haben mit Kuppen und Kesseln nichts mehr zu tun. Sie sind im großen und ganzen an die tektonisch gegebene Lagerungsebene gebunden und zeigen eher Verwandtschaft mit den regellosen

Arabesken der Grube „A“, die anfangs beschrieben sind, nur ist der Maßstab ein ganz anderer, so daß die ganze mächtige Lagerstätte verzerrt und verkrampft erscheint. Bald sind die Salzmassen ins Liegende, bald ins Hangende ausgestülpt, hier plötzlich angehäuft und dort gänzlich ausgezogen, und erst allmählich klingt die leidenschaftliche Bewegung aus im begleitenden Steinsalz.

An dieser Stelle endlich ist wohl ein überaus naheliegender Einwurf gegen eine mechanische Deutung dieser Erscheinungen am Platz. Die außerordentliche räumliche Konzentration, auf welche die dargestellten Störungsbilder schließen lassen, würde ganz enorme Druckkräfte zu ihrer Erklärung fordern, Druckkräfte, deren Wirkungen unbedingt, wenn auch in anderer Weise, in den Deckschichten am Tage zu spüren sein müßten. Liegende Falten allerdings können in den starren Sandsteinschollen nicht erwartet werden, vielmehr müßte ein so bedeutender räumlich horizontaler Zusammenschub eine Unzahl von streichenden und flachen Überschiebungen (Schuppenstruktur) auslösen, welche eine Massenkonzentration in der Horizontalen erzielen könnten, wie sie einige der Grubenbilder unter Tage nachweisen. Es sind Fälle nicht eben selten, wo im Salz eine scheinbare Konzentration im Verhältnis eins zu drei, ja eins zu zehn abgemessen werden kann. Von analogen horizontalen Zusammenschüben ist aber bei den in der Mehrzahl der Fälle ganz einfach gebauten Buntsandsteingewölben in der Nähe des Harzes keine Spur zu entdecken.

Die Verteilung der mächtigen Verkrampfungen der Lagerstätten ist scheinbar ebenso willkürlich, wie

die der Kuppen und Kessel im Werratal. Ganz unvermittelt gelangt man sowohl im Streichen wie im Fallen aus stark bewegten in sehr ruhig gelagerte Partien, ohne daß die Lagerung im Deckgebirge irgend welche Änderungen aufweisen würde. So bestätigt sich die generelle Beobachtung, daß die tektonischen Bewegungen im Deckgebirge und die Sonderbewegungen im Salz darunter ganz unabhängig voneinander verlaufen sind.

Fig. 25 stellt nach Everding einzelne Schollen einer Anhydritbank von „Sigmundshall“ bei Wunstorf dar, welche im Streichen auseinandergezerrt sind. Sie sind ein Beweis dafür, daß die umschließende Schichtenserie einmal eine bedeutend größere Mächtigkeit besessen hat als heutzutage, und man wäre versucht, hier im tektonischen Sinne von

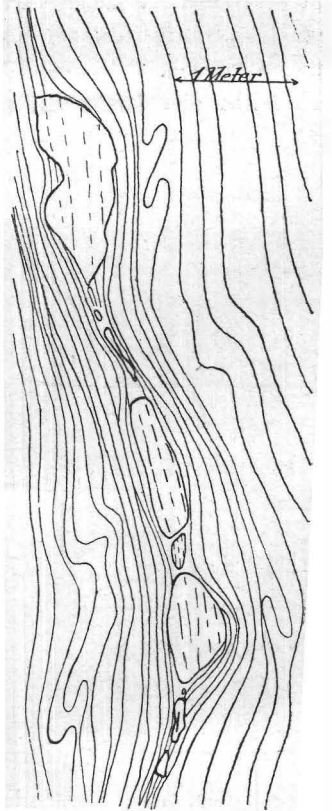


Fig. 25. Anhydrit im Steinsalz, Schichtenschwindung (n. Everding). Grube „Sigmundshall“ b. Wunstorf. (Abh. Preuß. Geol. Landesanstalt. Neue Folge. Heft 52, Fig. 13.)

man wäre versucht, hier im tektonischen Sinne von

einer mechanischen Auswalzung zu sprechen. Es soll hier vorläufig keine Erklärung erfolgen und der beobachteten Tatsache durch Einführung des Begriffes „Schichtenschwindung“ Rechnung getragen werden.

Nicht alle Bänke auf der vorliegenden Zeich-

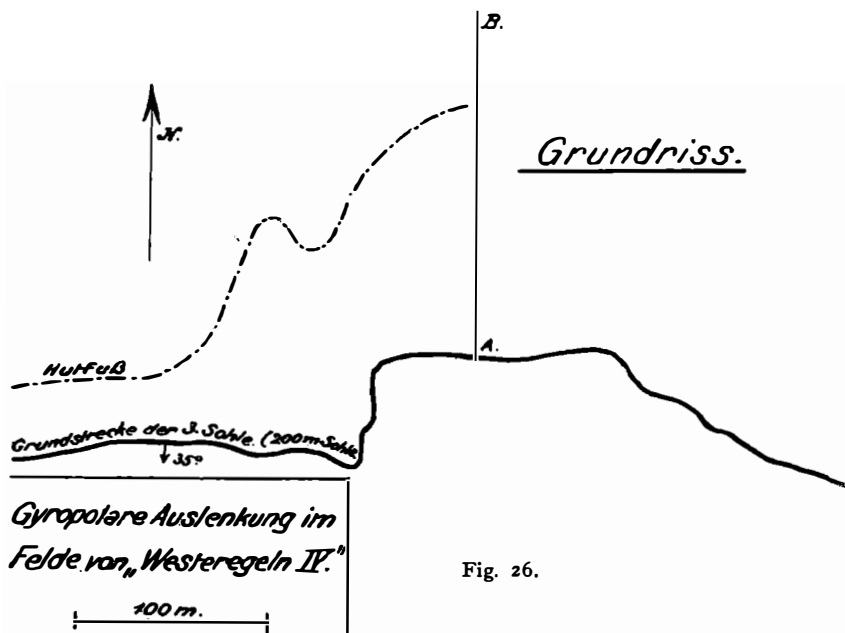


Fig. 26.

nung haben eine Verminderung ihrer Mächtigkeit erfahren, sondern an einzelnen Stellen ist zweifellos ein Auseinandertreten der Jahresringe im Hangenden und Liegenden einer Steinsalzschiefer erfolgt. Der Vorgang heißt analog „Schichtenstauung“.

Die Schachtanlage „Westeregeln IV“ (s. Fig. 26 u. 27) ist dem Südwestflügel des Staßfurt-Egerner Sattelgrates aufgesetzt, der hier mit großer Regel-

mäßigkeit ausgebildet ist und einen Schichtenabfall von etwa 35° besitzt. Nur an einer Stelle — 600 m östlich des Schachtes — tritt eine auffallende Schichtenstörung dadurch ein, daß das Lager auf eine Strecke von 200 m gleichsam ins Liegende ausweicht. Gleichzeitig macht sich eine erhebliche Verstärkung des Lagers bemerkbar. Es soll diese Erscheinung mit dem Ausdruck „Auslenkung“ bezeichnet werden.

Profil
durch die 2. öst. Bergemühle.
(800 m östl. vom Schacht IV.)
Westeregeln.

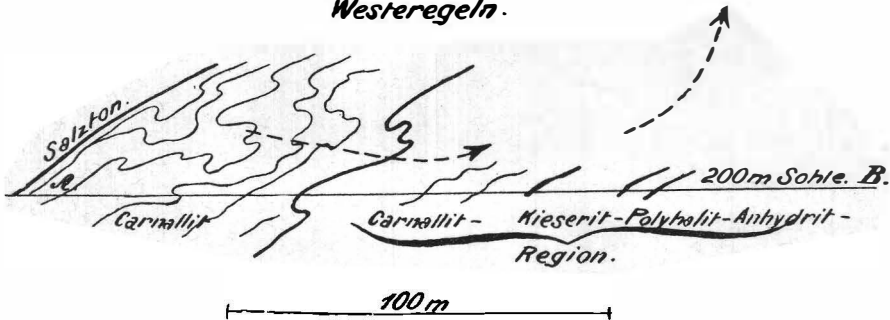


Fig. 27.

Das Profil Fig. 27 gibt eine Andeutung, wie diese Schichtenstauung und Auslenkung im einzelnen zustande kommt. Es zeigen sich heftige horizontal gerichtete Schlingen in den einzelnen Schichten des Lagers. Diese lassen sich zu einer Bewegung im Sinne des eingezeichneten Pfeiles anordnen, welche das Abwandern der Salzmassen ins Liegende sowie das lokale Anschwellen des Lagers erklärlich macht. (Die Ausdrücke „gyropolar“ und „Hutfußlinie“ finden weiterhin ihre Erklärung.)

Eine etwas anders geartete Störungsform ist aus der Grundrißskizze Fig. 28 ersichtlich. Es ist der Nordwestflügel des tektonischen Sattelgewölbes dargestellt, welcher als Kernaussfüllung des Dorns den Gegenstand des Bergbaus der Gewerkschaft „Beienrode“ bildet. Hier ist eine sehr mächtige Anhydritmasse mit dem Einfallen von 78° das normal ver-

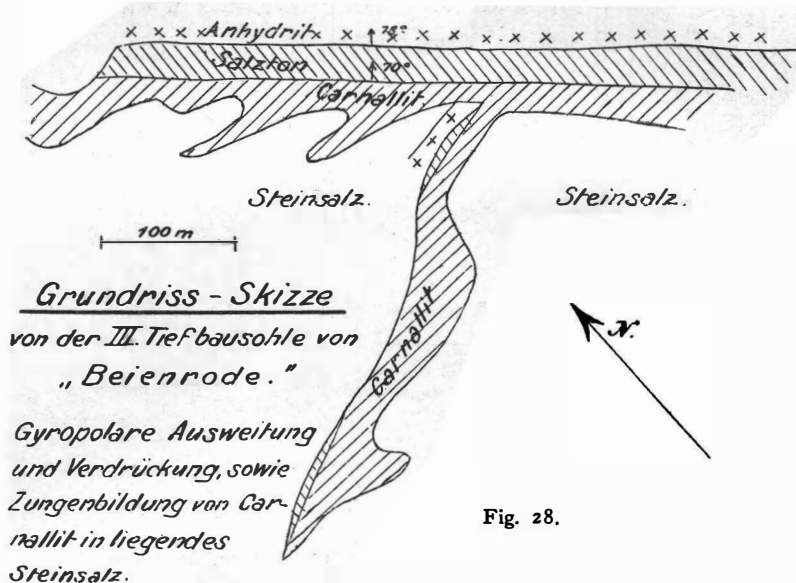


Fig. 28.

laufende Hangende des Lagers, während das Liegende sehr unregelmäßig gestaltet ist. Streckenweise ist das Lager von übermäßiger Mächtigkeit, dann wieder schwächer ausgebildet. Man spricht hier am besten von „Ausweitungen und Verdrückungen“. Daß dies tektonische Erscheinungen sind, ist deshalb nicht angängig, weil weder das Hangende desselben Flügels, noch der — hier nicht mitgezeichnete —

Gegenflügel eine gleiche Bewegung aufweisen, und weil die Druckkräfte, welche als mögliche Ursache in Frage kämen, eine ganz unwahrscheinliche Richtung (in der Sattelgratrichtung spitzwinklig von innen heraus) gehabt haben müßten.

Weiter im Südosten nimmt eine solche Ausweitung eine ganz absonderliche Form an. Sie wird nämlich zu einer nur 10 bis 40 m breiten, aber über 300 m langen Zunge, welche sich, stellenweise noch mit einem Belag von Salzton und Anhydrit, als senkrechte Masse ziemlich genau querschlägig ins Liegende hineinschiebt. So entsteht ein Lage-
rungsbild, dem in tektonisch beanspruchten Gebieten auch nicht das geringste an die Seite zu setzen ist, so daß jeder Versuch, hier die so dehnbaren Begriffe „Faltung“ und „Plastizität“ heranzuziehen, von vornherein aussichtslos erscheint und wir auch hier wohl nach autoplasten Kräften Umschau halten müssen.

Das Endergebnis der Ausbildung von Zungen besteht darin, daß große, nach vielen tausend Kubikmetern messende Lagerstücke ins Liegende hinein in Bewegung geraten, und man schließlich mitten im älteren Steinsalz unregelmäßig begrenzte Massen von Carnallit schwimmend entdeckt, welche durch eine Rutschfläche mit einem Schmiermaterial aus Anhydrit und Salzton von ihrer Umgebung allseitig getrennt sind. Das sogenannte „Carnallit-Westfeld“ der Grube „Desdemona“ bei Alfeld im Leinetal ist ein solches riesiges schwimmendes „Nest“, in dem schon seit Jahren Kalisalze abgebaut werden. Allerdings besteht noch eine schwache und von einer Rutschfläche durchschnittene Nabelschnur zwischen dem Mutterlager und dem Abkömmling. Man

könnte ja hier auf dem Boden der alpinen Tektonik an abgequetschte Linsen denken, aber dem steht — abgesehen von der wunderlichen Form dieser Nester — entgegen, daß die Wanderung querschlägig ins Liegende hinein vor sich gegangen ist, also der aufwölbenden Kraft entgegen.

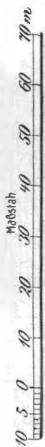
Weit großartiger aber und noch viel ungewöhnlicher werden die Lagerungsformen, wenn wir uns aus dem Bereich des subherzynischen Hügellandes herausbewegen und die Lagerstätten im eigentlichen Flachlande untersuchen. Es bezieht sich diese Fremdartigkeit nicht nur auf die äußere Gesamtform der Salzmassen, welche wie Geschwüre die Erdhaut senkrecht in ganz ungestörten Stellen durchsetzen und die wir deshalb als „Ekzeme“ bezeichnet haben, sondern auch die inneren Lagerungsformen, wie sie die Grubenbilder darstellen, geben uns vorläufig noch ganz unentwirrbare Rätsel auf.

Gelegentlich sind die schon aus den Subherzyngebieten beschriebenen Formen wiederzuerkennen, von denen besonders die Zungen und Nester eine große Rolle zu spielen scheinen.

Die Grube „Ronnenberg“ bei Hannover (Fig. 29) hat ein mächtiges Sylvinitlager in steilfallendem jüngeren Steinsalz erschlossen, das auf größere Erstreckung hin ein nördliches bis nordöstliches Streichen annimmt. An der dargestellten Stelle schwenkt nun eine 100 m lange Zunge unvermittelt, rechtwinklig und steilgestellt nach Westen ab, um ebenso plötzlich im jüngeren Steinsalz auszuweichen. Sehr bemerkenswert ist hierbei der Verlauf der Jahresringe, die glücklicherweise beim Auffahren mitverfolgt und in dem Bewegungsbild (Fig. 29) eingetragen

**Bewegungsbild einer Sylvinitzunge im jüngeren Steinsalz
der Grube „Ronnenberg“ bei Hannover.**

Grundriss der 653 m Sohle.



 Sylvinitzungebau.

 Norden

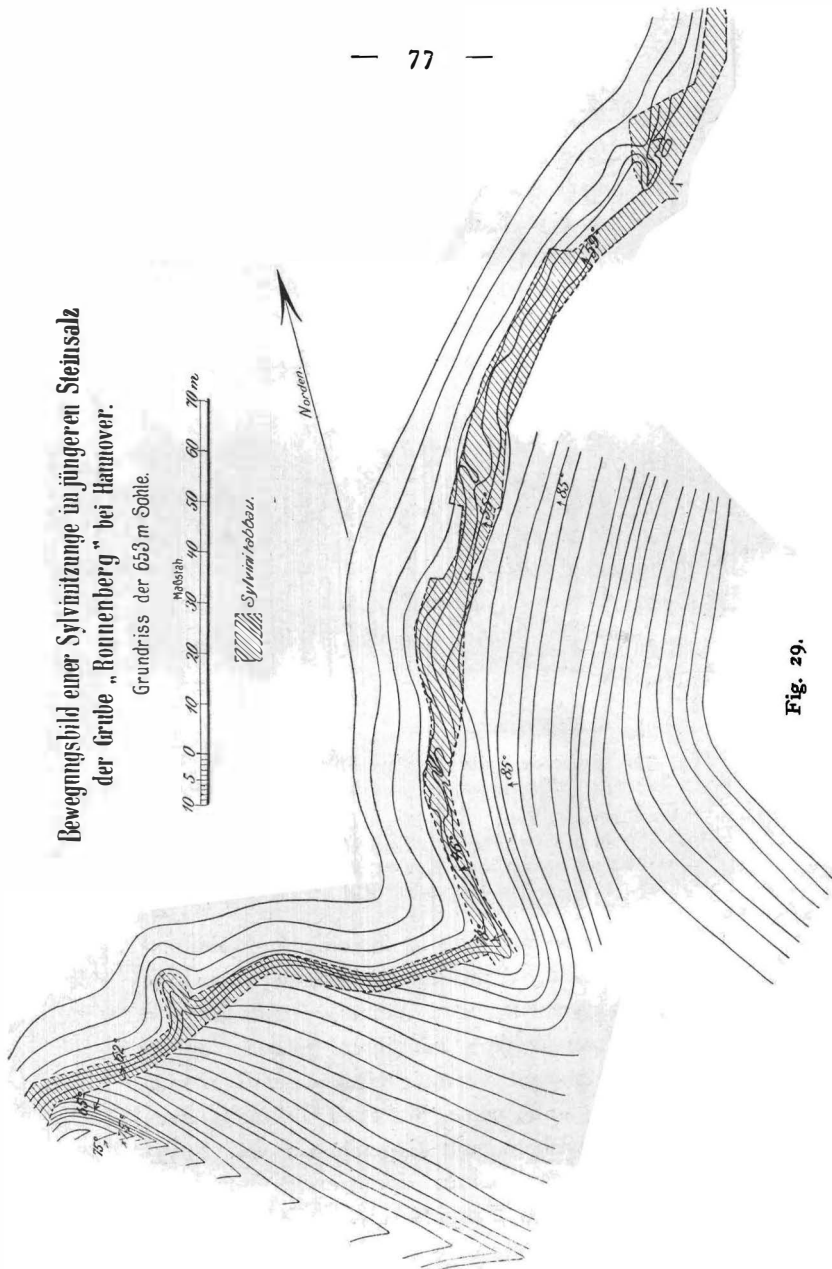


Fig. 29.

sind und die mit einer eigentümlichen Diskordanz an der Zunge abschneiden.

Im übrigen gibt es für die innere Struktur der Ekzeme nur eine Regel: die Regellosigkeit. Soweit die Ekzeme nicht selbst in ihrem äußeren Umriß eine bestimmte Richtung haben (Reihenekzeme), hört in ihnen jede Gesetzmäßigkeit über Streichen und Fallen, über Formen und Mächtigkeiten schein-

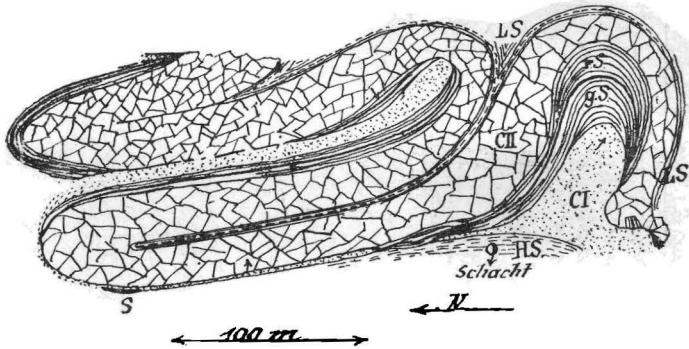


Fig. 30. Stehende Falte der Carnallitmassen im Ekzem von Jessenitz i. Mecklenburg. Grundriß der 600 m-Sohle.

HS = Liegendes Salz, *S* = Schwarzer Streifen,
CI = Weißer Carnallit, *rS* = Rötliches Steinsalz,
gS = Graues Steinsalz, *CII* = Roter Gemengecarnallit,
LS = Liegendes Salz.

bar vollkommen auf. Es ist das ein sehr beklagenswerter Umstand, denn die geologische Voraussage bei Aufschlußarbeiten wird dadurch gerade bei den hannoverschen Werken mit ihren großen Ausrichtungsschwierigkeiten vorläufig illusorisch. Immerhin dürfte diese unbequeme Wahrheit heilsamer sein, als der selbstsichere, mit Gegenflügeln und herzynisch streichenden Sätteln operierende Optimismus der hannoverschen Kaliprospekte.

Sehr steiles Einfallen ist allerdings wohl überall zu finden, und mit einiger Vorsicht kann man schon jetzt erkennen, daß die Streichrichtung der Schichten den nächsten Ekzemrand abbildet. Doch auch hiervon sind beispielsweise im hannoverschen Ekzem

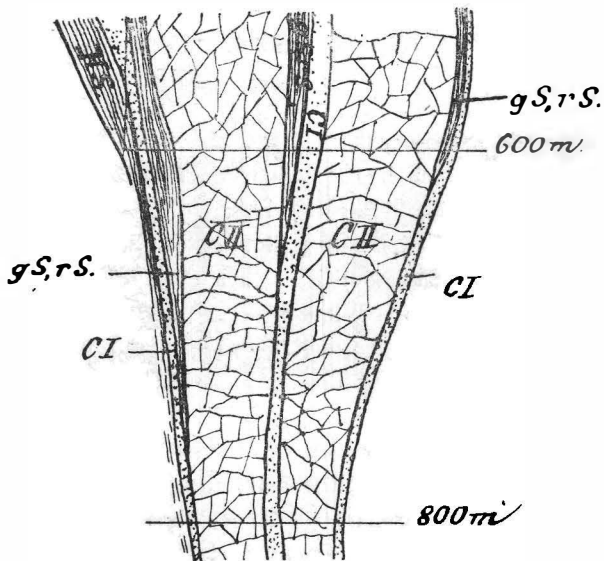


Fig. 31. Profil durch Jessenitz.

HS = Liegendes Salz, *S* = Schwarzer Streifen,
CI = Weißer Carnallit, *rS* = Rötliches Steinsalz,
gS = Graues Steinsalz, *CII* = Roter Gemengecarnallit,
LS = Liegendes Salz.

Ausnahmen vorhanden (Grubenbaue der Gewerkschaft „Hansa Silberberg“).

Ein sehr einfaches Bild, das aber in Wahrheit recht kompliziert ist, scheint häufig wiederzukehren: nämlich isoklinale Falten. Diese Falten unterscheiden sich aber dadurch grundsätzlich von den bekannten

Deformationsbildern mechanischer Faltengebirge, daß sie gleichsam auf dem Kopf stehen. Sie sind den steilen Falten nicht unähnlich, welche an den weiten Gewändern griechischer Statuen sich herabziehen.

Diese „stehenden Falten“ gewähren im Grundriß das Bild, welches wir sonst im Profil zu sehen gewohnt sind. Die „Sättel- und Muldenlinien“ liegen nicht horizontal, sondern stehen senkrecht im Raum. Fig. 30 u. 31¹⁾ zeigen die Lageverhältnisse der Grube „Jessenitz“ bei Lübtheen in Mecklenburg und geben eine Vorstellung von der gewaltigen Größe dieser Störungsart. Es gibt aber noch andere Vorkommen („Hansa Silberberg“ und „Riedel“ bei Hänigsen), bei denen derartige Deformationen in weiteren Windungen und noch größeren Dimensionen bekannt geworden sind.

Was die Erklärung der stehenden Falten angeht, so ist es allerdings rein formal nicht ausgeschlossen, sie durch mechanische Faltung hergestellt zu denken. Man könnte z. B. durch einen Druck aus Norden zwei senkrecht gestellte Sattelflügel bilden und anschließend daran durch einen Druck senkrecht dazu aus Westen die vorliegenden stehenden Falten erzeugen. Die beistehende Skizze Fig. 32 veranschaulicht einen solchen Faltungsprozeß. Sie ist der Geinitz-Nettekovenschen Arbeit²⁾ über Jessenitz entnommen, ist aber dahin zu berichtigen, daß auch in Jessenitz nicht etwa ein Faltengebirge, sondern nur ein einzelner Flügel zusammengeschoben ist. Dies ist sogleich einzusehen, wenn man sich die Schlinge

1) Fig. 30 bis 32 sind aus „Deutschlands Kaliindustrie“, Beilage zur „Industrie“ 1906, Nr. 5, entnommen.

2) Mitt. der Meckl. Geol. Landesanstalt 1905.

in Fig. 30 an den freien Enden angefaßt und nach Norden und Süden auseinandergesogen denkt.

Übrigens läßt sich sowohl formal wie mechanisch mancherlei gegen diese Entstehungsvorstellung vorbringen. Warum hat der erste Druck eine Aufwölbung hervorgerufen und der zweite ein seitliches Ausweichen? Ersteres wäre wohl verständlich, weil

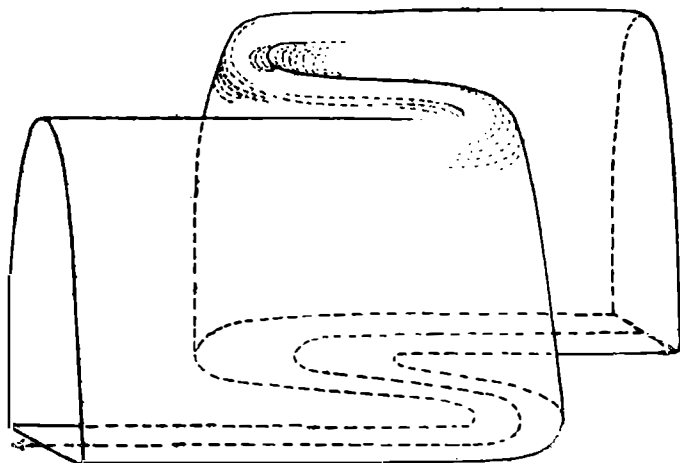


Fig. 32. Entstehung der stehenden Falten nach Geinitz.

die Massen nur nach oben hin freien Ausweg hatten, aber für letzteres, für das Verfallen der Massen in stehenden Schlingen ist in der räumlichen Lage nicht die geringste Veranlassung vorhanden. Man wird überdies die Möglichkeit von zwei genau aufeinander senkrecht wirkenden Kräften, welche in allen Fällen aus verschiedenen Richtungen gekommen sein müßten, stark in Zweifel ziehen, man kann sodann darauf hinweisen, daß ähnliche Bewegungsbilder in Faltengebirgen durchaus unbekannt

sind und endlich wird man in Jessenitz, in Hänigsen und Hannover vergeblich nach dem theoretisch erforderlichen Gegenflügel oder nach einem zweiten Paar stehender Falten oder auch nach einem Flacherwerden der Schichten im Sinne der ersten Faltenwölbung sich umsehen.

Den inneren Deformationen, von denen bisher die Rede war, stehen die äußeren gegenüber. Ein Teil derselben ist auf tektonische Kräfte zurückzuführen, die Ekzeme aber auf Autoplastie. Von beiden wird noch gesondert die Rede sein. Vorläufig ergibt sich die folgende phänomenologische

Einteilung der Deformationen.

- A. Bewegungen innerhalb der Salzmassen (innere Deformationen).
 - 1. Bewegungen einzelner Schichten: Verbiegung, Verschlingung, Verkrampfung. Schlingen. Kleine Kuppen und Kessel.
 - 2. Bewegung der gesamten Kalilager: Kuppen und Kessel. Auslenkungen, Ausweitungen und Verdrückungen. Zungen und Nester. Stehende Falten.
- B. Bewegungen der ganzen Salzmassen (äußere Deformationen).
 - 1. Tektonische Deformationen.
 - 2. Ekzeme.

Eine wesentliche Vereinfachung ergibt sich, wenn man die analytische Trennung der Phänomene und die extremen Fälle, welche zur Kennzeichnung und zur Erklärung notwendig sind, beiseite läßt, und lediglich die wichtigsten Zusammenvorkommen festlegen will. Man kommt dabei auf folgende drei

Typen mit je drei Arten von Deformationen in absteigender Größenanordnung:

Typus Werratal: Die Lager lassen im großen und ganzen den Bau des gesamten Gebirges wiedererkennen (B 1). Sie steigen in schwachen Wellen auf und ab (A 2). Hier und da finden sich zierliche Salzarabesken (A 1).

Typus Harzvorland: Das Einfallen ist ein starkes (B 1). Die Lager zeigen Unregelmäßigkeiten im Streichen (A 2). Kleinere Deformationen (A 1) treten zurück.

Typus Tiefland: Vorkommen in steil begrenzten Salzstöcken (B 2). Stehende Falten in bedeutendem Ausmaß (A 2). Einzelbewegungen (A 1) fehlen so gut wie gänzlich.

II. Tektonik des Bodens.

Die Mannigfaltigkeit von Störungsformen, die im vorangehenden ohne den Anspruch auf Vollständigkeit aufgezählt sind, legen die Vermutung nahe, daß zur Erklärung dieser Erscheinungen mehr als eine Ursache nötig ist. Es bedarf einer sorgsamten Untersuchung der in Frage kommenden chemischen und physikalischen Naturkräfte auf die Möglichkeit hin in ihnen die Erzeuger dieser Störungsbilder zu finden.

Zunächst gilt es, Klarheit zu gewinnen über das Wesen der mechanischen Kräfte, denen die Zechsteinsalzplatte im großen Schichtenverbande seit ihrer Ablagerung ausgesetzt gewesen ist. Die Untersuchung der Wirkung rein mechanischer Kräfte in der Erdhaut ist Sache der dynamischen, besonders der tektonischen Geologie, und es ist daher eine Dar-

stellung der tektonischen Grundzüge der Kaliprovizen unsere nächste Aufgabe.

Hierbei läßt sich allerdings eine Erörterung genereller Art nicht vermeiden, weil gerade über die elementaren Begriffe eine einheitliche Auffassung heute nicht existiert.

Die folgende Darstellung gründet sich auf die Überzeugung, daß das geologische Bild von Mittel- und Norddeutschland, die paläozoischen Gebirgskerne ausgenommen, nur unter der Annahme ausschließlich aufwärts und abwärts wirkender, also vertikaler Kräfte interpretiert werden kann. Die Gründe, welche gegen die Wirksamkeit von horizontal gerichteten Kräften, namentlich gegen Faltung sprechen, werden aus der folgenden Darstellung des tektonischen Bildes hervorgehen. Eine theoretische Motivierung der vielfach von anderen abweichenden Ansichten bleibt vorbehalten.

Das kennzeichnende Formelement für Bewegungen in der Fläche ist in Senkungsgebieten die Flexur, sowie es in Faltungsgebieten die Überschiebung ist. Der Begriff Flexur, der heute leider sehr schwankend geworden ist, wird hier im streng historischen Sinne ¹⁾ gebraucht für die Erscheinung, daß horizontale Schichten nahe beisammen in ungleicher Höhe liegen und durch eine ununterbrochene Biegung miteinander verbunden sind.

Ohne daß die Festigkeit des Schichtenmaterials überschritten ist, hat sich die Platte *B* (Fig. 33) aus der Höhenlage *A* um einen gewissen Betrag abwärts verlagert. „Die Neigung des Verbindungs-

¹⁾ Heim und Margerie, Die Dislokationen der Erdrinde 1883, S. 26ff.

schenkels ist demnach das Resultat einer Verlängerung und örtlichen Streckung, welche ausschließlich in vertikaler Richtung stattgefunden hat, nicht aber das Produkt einer Horizontalkompression, wie bei den echten Falten“ (Margerie, l. c. S. 27).



Fig. 33. Flexur.

In dieser allgemeinen Bedeutung sind Flexuren die durchgehende Flächenbegrenzung der tektonischen Einheiten in Mitteldeutschland. Je nach der Neigung des Verbindungsschenkels kann man zwischen



Fig. 34. Flache Flexur,
Schematisches Profil durch den Südrand des Harzes.

flachen Flexuren unterscheiden, wie sie etwa ein Profil durch den Südrand des Harzes zeigt (Fig. 34) und steilen Flexuren, die auf der Nordseite der Mittelgebirge in Erscheinung treten.

Eine dritte Erscheinungsweise ist die „überbogene Flexur“, dadurch

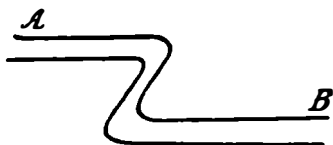


Fig. 35. Überbogene Flexur.

entstanden, daß sich Platte *B* unter Platte *A* hinuntersenk (Fig. 35). Diese Ausbildungsweise liegt dann vor, wenn der Senkungshohlraum, der die Verlagerung von *B* bewirkt, im Verlaufe des Senkungsvorgangs sich ein wenig nach *A* zu ver-

schiebt. Durch das gleichmäßige Nachgeben von *B* wird aber eine ständige Unterstützung von *A* stattfinden, so daß eine Rückwärtsverlegung des oberen Flexurkniees nicht eintritt. Es ist auch denkbar, daß in einer Platte *ABC* (Fig. 36) die Senkung des Mittelstücks *B* nicht genau abwärts erfolgt, sondern ein wenig schräg geneigt ist. Dann stehen sich eine normale Flexur bei *BC* und eine überbogene bei *AB* gegenüber. Derart etwa ist das Profil zwischen Harz und Harlyberg oder vom Harz

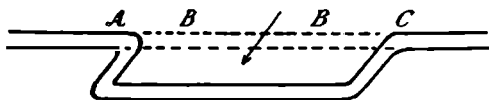


Fig. 36. Überbogene und normale Flexur.

nach dem Quedlinburger Sattelgrat (s. Karte) zu deuten.

Wird die Festigkeit überschritten, so wird aus einer steilen Flexur ein Bruch, aus einer überbogenen Flexur eine Schaufelfläche. Bei flachen Flexuren ist ein Zerreißen infolge der flexurbildenden Kraft nicht zu erwarten, da die Schichten nur geneigt, aber fast gar nicht gestreckt werden.

Die Brüche spielen in der Tektonik Mitteldeutschlands, wie bekannt, eine sehr bedeutende Rolle. Es ist dem Göttinger Geologen von Koenen und seinen Schülern die Betonung dieses überaus kennzeichnenden Bewegungselements zu verdanken. Es muß aber bemerkt werden, daß die Erscheinung der Brüche aus zerrissenen Flexuren als Begrenzung der tektonischen Einheiten eine seltene Erscheinung ist gegenüber den einfachen Flexuren. Eine um

so größere Rolle spielen Brüche für den inneren Bau der einzelnen tektonischen Gebiete.

Den Begriff der Schaufelfläche habe ich kürzlich¹⁾ in Anlehnung an eine Bezeichnung von Sueß vorgeschlagen zur Unterscheidung eines vertikal orientierten Bewegungselements im westfälischen Steinkohlengebirge, welches zunächst gewisse Ähnlichkeiten mit Überschiebungen besitzt. In Nord- und Mitteldeutschland steht nun ganz außer Zweifel, daß alle

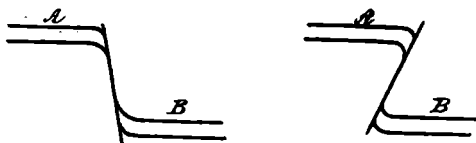


Fig. 37. Bruch aus normaler Schaufelfläche aus überbogener Flexur.

diejenigen Fälle, in denen an einer Störung ältere Schichten auf jüngeren liegen, und die demgemäß bisher als Überschiebungen beschrieben sind, dem Typus der Schaufelflächen in Westfalen entsprechen. Das Schema einer Schaufelfläche aus überbogener Flexur zeigt Fig. 37. *B* ist der bewegte, abgesunkene Teil.

Die körperlichen Bewegungselemente nun, welche in der Begrenzung durch Flexuren und ihre Ableitungen im Gebirgssystem Mitteldeutschlands vorgefunden werden, sind von der mannigfaltigsten Art. Bei ihrer Benennung, welche z. T. nach dem Gesichtspunkt des Senkungsmechanismus neu vorzunehmen war, ist ausgegangen von der Bezeichnung

1) Lachmann, Überschiebungen und listrische Flächen im westfälischen Karbon. Glückauf 1910, S. 203 bis 206.

ähnlicher Formen, welche Sueß' „Antlitz der Erde“ enthält. Des weiteren sind die neutralen und von der Faltungstektonik unbeeinflussten Ausdrücke zu Rate gezogen, die von Ewald auf der geologischen Karte der Provinz Sachsen angewandt wurden. Endlich sind Benennungen übernommen, welche Stille für die tektonischen Einheiten des Eggegebirges geprägt hat.¹⁾ Mehreres ist eigene Zutat, für welche die folgenden Erwägungen entscheidend waren.

Nach allgemeiner Überzeugung sind die salinischen Sedimente der Permzeit ungefähr im Niveau des damaligen Meeresspiegels abgelagert worden. Das bezeugen selbst für einen Gegner der Barrentheorie die Flachseebildungen im Liegenden (Zechsteinkalk) und, wenigstens für den Süden des Gebietes, auch im Hangenden (Thüringer Plattendolomit), außerdem aber gelegentliche Funde von Meeresbewohnern im grauen Salzton zwischen den beiden mächtigsten Salzlagern. Wenn daher heute Reste der Zechsteinbedeckung auf der Höhe des Thüringer Waldes gefunden werden und andererseits im norddeutschen Tiefland die Salzsichten unter vielen Kilometern jüngerer Bedeckung liegen, so muß für ersteres Gebiet die Summe der Hebungen, für letzteres die Summe der Senkungen der Erdhaut seit der Zeit der Ablagerung überwiegen, beides natürlich gemessen am Pegel der jeweiligen Ozeane.

Mit der großen Mehrzahl der heutigen Theoretiker darf man nun die Ansicht aussprechen, daß zwischen Hebungen und Senkungen der Erdhaut ein bedeutsamer Unterschied vorhanden ist. Es heben

1) Erläuterungen zu Blatt Driburg, Willebadessen und Peckelsheim der Geol. Spezialkarte von Preußen.

sich — mit Ausnahme vielleicht von Vulkangebieten — immer nur sehr große Teile der Erdoberfläche, weshalb man von „kontinentalen“ Hebungen spricht; Senkungen aber können sowohl kontinental, als auf beschränktem Gebiete vor sich gehen.

Wenn ein Landesteil in der Höhe A in der in Fig. 38 skizzierten Weise über das Land in der



Fig. 38. Schema der Senkung.

Höhenlage B hinausragt, so ist nicht A gehoben, sondern B aus der gemeinsamen Höhenlage A ab-

gesunken, wobei zunächst gleichgültig ist, ob sich nicht vor der Trennung $B + A$ aus der Lage B in die Lage A „kontinental“ gehoben hatten. Daraus geht hervor, daß die Summe der Wege, welche die Stufe B aufwärts und abwärts gegangen ist, um den Betrag $A - B$ größer sein muß, als die Bewegung von A .

Treten in einem weiteren Gebiete sehr viele verschiedene geologische Höhenstufen auf, so faßt man den gesamten vertikalen Bewegungsvorgang am zweckmäßigsten in der Weise auf, daß die relativ höchste Stufe, in welcher die ältesten Gesteine zutage treten, als die absolute Ruhelage gilt, von welcher die übrigen Stufen durch Senkbewegung entfernt sind. Hierbei ist wohl möglich, daß die Lage der höchsten Stufe schon das Ergebnis vielfacher Hebungs- und Senkungsvorgänge darstellt.

Es sind aus diesem Grunde die alten Gebirgskerne Deutschlands, wie der Harz oder das Erzgebirge, die relativ stabilen tektonischen Einheiten und das norddeutsche Tiefland die beweg-

teste Einheit, weil der Untergrund des Tieflands einen vertikalen Weg hinter sich hat, welcher um mindestens den Differenzbetrag der Höhe des Brockens bis zum paläozoischen Untergrunde des Tieflands länger ist, als der vertikale Weg des Harzkerns.

Auf der beigehefteten Übersichtskarte über die tektonischen Einheiten der deutschen Kaliprovinsen haben aus dem angeführten Grunde diejenigen Einheiten, welche als kennzeichnendes Oberflächengestein Paläozoikum aufweisen, die Senkstufe 0 als Bezeichnung erhalten. Diese Kerne sind also die stabilen Höhenzeiger, nach denen die Senkstufen vom Buntsandstein (1) bis zum Tertiär und Diluvium (6) auf dieser Karte abgestimmt sind. 2 bedeutet Muschelkalk, 3 Keuper, 4 Jura und 5 Kreide.

Die Entwässerung der deutschen Mittelgebirge im Bereiche der Karte findet ausnahmslos in nördlicher Richtung statt. Dieses hydrographische Bild ist im geologischen Bau vorgezeichnet, denn man gelangt bei der Wanderung nach Norden im allgemeinen in immer jüngere Schichtengebilde. Das geologische Hauptgefälle, wie man auch sagt, ist nach Norden gerichtet.

Es sollte deshalb erwartet werden, daß die wichtigsten Formationsgrenzen von Westen nach Osten verlaufen. Das ist in der Tat bei einigen sehr bedeutsamen geologischen Grenzlinien in Norddeutschland der Fall. So zieht der Rand der Kreidedecke Westfalens fast schnurgerade in dieser Richtung, spitzwinklig zum Streichen des darunter nach Ostnordosten in Falten liegenden Steinkohlengebirges, und im Bereiche der vorliegenden Übersichtskarte ruht der Saum der Triasdecke Thüringens mit dem

nämlichen Streichen auf dem alten Gebirgskern des Thüringer Schiefergebirges.

Nur an weit ausladenden Vorsprüngen erkennbar und durch rückwärts einschneidende Buchten auf weite Strecken unterbrochen, stellt sich die Grenze des norddeutschen Tieflandes gegen die Mittelgebirge zur Not noch als eine in gleicher Richtung angeordnete Grenzscheide dar.

So stehen sich als Abdachung der variskischen Erzgebirgsmasse das Thüringer Schiefergebirge und das Tiefland als die Einheiten erster Ordnung des dargestellten Gebietes gegenüber. Wenn man sich den Sueßschen Gedanken zu eigen macht, daß die Größe von 4000 m als Differenz zwischen maximaler Meerestiefe, mittlerer Meerestiefe und Festlandssockel einen angenäherten Maßstab gerade für die einschneidendsten Erdhautbewegungen darstellt, so wird man nicht umhin können, dem Gegensatz dieser Einheiten erster Ordnung eine planetarische Bedeutung zuzusprechen, denn mit 4000 m dürfte der vertikale Unterschied beider Gebiete, wie er seit der Zechsteinzeit sich herausgebildet hat, sicher noch unterschätzt sein.

Als tektonische Einheiten zweiter Ordnung treten auf der Übersichtskarte hervor die Rumpfbildungen des Thüringer Waldes, des Harzes und des Flechtinger Höhenzuges mit den zwischen ihnen liegenden und anschließenden Hauptbecken. Es ist für diese Einheiten kennzeichnend, daß sie in einer bestimmten Himmelsrichtung zwischen Westnordwest und Nordwest angeordnet sind. Es liegen somit „gerichtete Senkungen“ vor. Die Senkrichtung nennen wir mit Sueß die „asiatische“ deshalb, weil

diese Senklinien weithin über die Sudeten und das südliche Rußland bis in den Kontinentalsockel von Asien verfolgt werden können. Man liest wohl häufig „herzynisches Streichen“. Aber schon deshalb ist der neue Ausdruck vorzuziehen, weil französische und belgische Geologen unter „herzynisch“ die Streichrichtung Nordosten verstehen. Die Zweideutigkeit beruht darauf, daß das Streichen der Gebirgsschichten im „herzynischen Wald“ (Harz) als eine Folge der jungpaläozoischen Faltung nach Nordosten geht, die charakteristische nördliche Gebirgskontur aber, von welcher der deutsche Sprachgebrauch sich herleitet, nach Westnordwesten gerichtet ist. Man tut also gut, den neuen Sueßschen Vorschlag anzunehmen.

Ein weiteres Merkmal der tektonischen Einheiten zweiter Ordnung in Mitteldeutschland ist die außerordentliche Seichtheit ihrer Anlage. Das südlichste hier dargestellte Becken, welches sich vom Thüringer Wald bis zum Spessart erstreckt und durch die Verbreitung von Buntsandstein an der Oberfläche sowie durch das Auftreten tertiärer Vulkane ausgezeichnet ist, besitzt eine Breite von etwa 100 km. In der Längserstreckung ist die Ausbildung ganz unvollkommen. Die Absenkung des Beckentiefsten gegen den Thüringer Wald ist auf nur etwa 1 km einzuschätzen.

Das zweite Becken, das Thüringer Hauptbecken, ist bereits tiefer eingesenkt, so daß der Keuper (Senkstufe 3) die größte Verbreitung besitzt. Wenn man aber die enorme Spannweite vom Harz zum Thüringer Wald mit etwa 80 km berücksichtigt, so ist die Amplitude der vertikalen Bewegung mit vielleicht

1,5 km nur verschwindend. Das nordöstliche, Magdeburg-Halberstädter, Becken ist etwas gedrungener. Es erweitert sich gegen Nordwesten zu von 50 bis auf 80 km. Es ist ausgezeichnet durch eine feine Modellierung in tektonische Einheiten niederen Grades, besitzt sozusagen eine Neigung, die Senkbewegungen zu differenzieren, welche Tendenz abgeschwächt auch das Thüringer Becken, fast gar nicht aber das südliche Becken aufzuweisen hat. Trotzdem ist auch dieses nördliche Becken mit einer Amplitude von etwa 2 km bei einer Spannweite von dem dreißigfachen Betrag ein nur ganz oberflächlich angelegtes Gebilde.

Rumpf und Becken sind sich in formaler Ausbildung gleichwertig. An manchen Stellen, wie am freien Ende des Thüringer Waldes, erscheint freilich der Rumpf durch die Rundungsformen der umgebenden Becken bedingt und an anderen Stellen, z. B. durchweg am Rande des Harzes, tritt die Eigenform der — relativ — starren Rumpfgebilde in schönster Vollendung in Erscheinung. Man muß sich übrigens davor hüten, aus dieser trotz allem vorhandenen Gleichwertigkeit der Formen, welche sonst ein Kennzeichen von Faltung ist, mechanische Folgerungen zu ziehen, denn der Gegensatz von Eigenform und Restform kann naturgemäß erst bei scharfer Ausprägung tektonischer Bilder verfolgt werden.

Eine gewisse Sonderstellung unter den tektonischen Einheiten mit asiatischer Orientierung kommt übrigens dem Harzrumpf zu. Er ist ein wenig schief gegen die anderen beiden Rumpfe angelegt und zwar um 15° gegen Westen gedreht. Daraus folgt eine Verschmälerung des südlichen und eine

Verbreiterung des nördlichen Hauptbeckens gegen den Beckenausgang zu. Daß hierin schon eine Andeutung liegt zu Zwangsformen, welche sich bei Vertiefung der Becken deutlicher einstellen würden, ist einleuchtend.

Wie die Struktur des Bodens jenseits des Flechtinger Höhenzugs aussieht, entzieht sich wegen der starken Bedeckung durch jüngere Formationen unserer Kenntnis. Es dürfte aber der Gedanke nicht abzuweisen sein, daß mit der nördlichen, z. T. zerrissenen, Randflexur dieses paläozoischen Rumpfes die äußerste asiatische Linie erreicht ist, jenseits deren der von gerichteten Senkungen unbeeinflusste Teil der „sexonischen Tieflandsscholle“ von Tornquist beginnt.

Die bewegten Einheiten zweiten Grades muß man korrekt als Halbbecken bezeichnen, weil die Ausrundung nach Nordwesten, also gegen das Tiefland hin, bei ihnen fehlt. Das Thüringer Becken findet in dieser Richtung eine sehr ausgedehnte Buntsandsteinplatte (p^1) vorgelagert, die in den Landschaftsbildern des Eichsfeldes ihre deutliche Ausprägung erhält. Das Magdeburg-Halberstädter Becken mündet mit seinen vielen Untergliedern auf das Braunschweig-Hildesheimer Senkungsfeld. Hier herrscht die fünfte Bruchstufe vor (sf^5).

Platten und Senkungsfelder sind neutrale tektonische Einheiten, weil sie, je nach der Richtung, aus der man kommt, als stabile oder bewegte Körper aufgefaßt werden können. Sie bilden als Einheiten dritter Ordnung auch der Größe nach ein Mittelglied zwischen den Hauptgebirgen, wie dem Harz, und einzelnen Hügelreihen, wie Vogler oder

Lappwald, die als Einheiten vierter Größenordnung zu bezeichnen sind.

Für die Einheiten dritter Ordnung ist beachtlich, daß bei ihnen die asiatische Senkrichtung durchaus fehlt. Wo sie mit Einheiten höherer Ordnung in Berührung treten oder mit gerichteten Einheiten niederer Ordnung, wie das Eichsfeld am Harzrand oder das Plateau von Weferlingen-Erxleben im oberen Allertal, da ergeben sich naturgemäß asiatische Zwangskonturen auch für die Platten. Ganz anders sieht das Bild aus an Stellen, an denen sich die Einheiten dieser Klasse als Eigenform haben ausbilden können.

In der Region der Verschmelzung der beiden Hauptbecken gibt es einige Flächen, in denen eine Platte aus einer höheren Bruchstufe, etwa Buntsandstein (p^1), sich allmählich zu einer tiefer gelegenen Platte hinuntersenkt. Die Senkung ist zu flach, als daß man von einer Flexur sprechen darf, und es ist deshalb diese Körperform als „geneigte Platte“ (gp) ausgeschieden worden und auf der Übersichtskarte mit Pfeilen markiert. Eine solche auch landschaftlich deutlich hervortretende Schichtplatte ist das Wesergebirge. An diesen Punkten nun, wo die Eigenform der tektonischen Einheiten dritter Ordnung ungestört in Erscheinung tritt, läßt sich erkennen, daß die Neigung der Schichtmassen lediglich durch die Lage der Platten oder Senkungsfelder bestimmt ist, und daß deren Verteilung durch einen zweifellos ungerichteten Senkungsvorgang bedingt wurde.

Den Einheiten vierter Ordnung, wenn man darunter wieder die größeren stabilen und bewegten

Einheiten begreift, welche noch als besondere Bewegungskörper kenntlich sind, ist wieder eine gerichtete Anordnung eigen. Vorsprünge und Rundhorste, wie der Hackel und der Elm nördlich des Harzes, Buchten und Versenkungsbecken, wie die Blankenburger Bucht und das Subherzynbecken, können wohl als verkleinerte Abbilder der Einheiten zweiter Ordnung gelten. Nur ist die Erscheinungsform gedrungener, die Amplituden größer im Verhältnis zu den Spannweiten. Infolgedessen sind auch die ungleichwertigen Eigen- und Zwangsformen hier und da schon vorzufinden.

Die noch kleineren Bewegungskörper, wie sie besonders das reichgegliederte Magdeburg-Halberstädter Becken aufweist, sind sowohl ohne Richtung, als mit asiatischer Orientierung vorhanden. Zu den genannten Formen niederen Grades treten noch die Sattelgrate hinzu, die entstehen, falls sich zwei gleichgerichtete Senkzonen einander nähern und einen schmalen, beiderseits herabgebogenen Gratstreifen zwischen sich stehen lassen, ferner Gräben mit Bruchbegrenzung und Senkstreifen mit Flexurbegrenzung, und neben den Versenkungsbecken Halbbecken, wie der Süntel, der durch eine Verwerfung in der Mittellinie halbiert erscheint. Horste im eigentlichen Sinne, d. h. durch parallele Brüche begrenzte relativ stabile Einheiten, das Gegenstück zu Gräben, sind aus unserem Gebiet nicht bekannt, wenn auch gelegentlich auf größere Strecken die Flexurbegrenzung der stabilen Einheiten zu Brüchen zerrissen sein mag. Ebensowenig sind Sättel oder Mulden oder gar Überschiebungen nachgewiesen, welche nur in Faltungsgebieten aufzutreten pflegen.

Die Betrachtung der kleineren tektonischen Einheiten wird füglich sich anschließen an eine Einteilung der Kalibergbaue in größere Bezirke, welche durch die höheren tektonischen Einheiten gegeben und auch auf der Übersichtskarte abgegrenzt sind.

1. Werra- und Fuldataalbezirk.

Gruben: Alexandershall (Berka), Wintershall und Heringen (Heringen), Hattorf (Philippstal), Sachsen-Weimar (Unterbreizbach), Großherzog von Sachsen (Dietlas), Kaiseroda (Tiefenort), Heiligenroda (Springen), Heldburg (Leimbach), Neuhof (Neuhof).

Die tektonischen Störungen, welche diesen Bezirk betroffen haben, beschränken sich auf die Herausbildung des Beckens zwischen Thüringer Wald und Spessart, sowie auf die Modellierung des kleinen Rundhorstes des Riechelsdorfer Gebirges. Daß der Senkvorgang auch hier zu recht komplizierten Erscheinungen Anlaß gibt, lehrt die auf der Karte als „Schmalkaldener Störung“ verzeichnete Dislokation. Mitten im Buntsandsteingelände treten nebeneinander Zechstein und Muschelkalk auf an einer steilfallenden Schaufelfläche, an der regelmäßig Älteres auf Jüngerem liegt. Man kann sich vorstellen, daß bei der selbständigen, etwas schräg gegeneinander gerichteten Abwärtsbewegung zweier streichender Schollen eine gegenseitige Unterkeilung der Ränder stattgefunden hat, indem die eine Bruchlippe die andere unterstopfte und ihr tieferes Einsinken verhinderte. Jedenfalls ist der Muschelkalkfetzen der bewegte. Die **Marisfelder Störung** bezeichnet einen Grabenbruch asiatischer Richtung und der kleine Thüringer Wald einen Halbrundhorst mit in gleicher Richtung

verlängerter Achse und Bruchbegrenzung im Südwesten. Für das engere Kalirevier an der Werra ist bisher nur die flache Beckenform vom Thüringer Wald her von Bedeutung geworden mit Ausnahme des nördlichsten Werkes „Alexandershall“, das bereits ein Ansteigen des Lagers gegen den Riechelsdorfer Rundhorst hin ergeben hat. — Die vulkanischen Erscheinungen werden weiterhin zu behandeln sein. — Bei der Gewerkschaft „Neuhof“ unweit Fulda scheinen abweichende Verhältnisse nicht vorzuliegen.

2. Südharz-Randbezirk.

Die Tiefenlinie des Thüringer Hauptbeckens liegt nicht in der Mitte zwischen den Rümpfen des Thüringer Waldes und des Harzes, sondern sehr viel weiter im Süden. Es werden deshalb am Thüringer Wald die Beckenschichten sehr schnell in die Tiefe herabgezogen, so daß hier die geologischen Aussichten auf Bergbau im Zechsteinsalz nur gering sind.

Von Eisenach am Nordende des Waldes strahlen in asiatischer Orientierung eine Reihe von Brüchen über Kreuzburg und die Werra nach dem Ringgau aus, Brüche, unter denen ebenfalls Schaufelflächen bekannt sind. Die ältesten Schichten sind Zechstein und beweisen, daß diese Dislokationen schon einsetzen, als sich die Becken noch ungefähr im gleichen Niveau mit dem Rumpf befanden.

In der Umgebung von Gotha befindet sich eine als Graben erscheinende Störungszone mit Bruchschollen aus Keuper und Lias. Diese Störung ist in südöstlicher Richtung noch weiter bis nach Saalfeld und nach Nordwesten bis gegen Eichenberg in dem Zwickel zwischen Werra und Leine zu verfolgen.

Bereits jenseits des Oberlaufes der Unstrut beginnt das Herausheben der einzelnen Stufen der Trias gegen den Harzrand. Die kennzeichnende, durch Erosion geschaffene Terrainkante ist der Muschelkalkabfall der Hainleite, nördlich deren bis zum Harz der Buntsandstein sich hinzieht. Der Fuß der Hainleite hat sich als der geeignetste Ausgangspunkt für den Südhärzer Kalibergbau erwiesen, und hier bzw. zwischen dem Duen und den durch rückschneidende Erosion isolierten Muschelkalkplatten der Bleicheröder Berge, Hasenburg und Ohmgebirge, befinden sich die Schachtanlagen von Großherzog Wilhelm Ernst (Oldisleben), Güntershall (Göllingen), Glückauf (Sondershausen), Nordhäuser Kaliwerke, Ludwigshall und Immenrode (Wolkramshausen), Bleicherode und Neu-Bleicherode (Neustadt), Sollstedt und Neu-Sollstedt, Deutsche Kaliwerke (Bernterode). Mit der Schachtanlage „Volkenroda“ bei Menterode ist der Bergbau auf das eigentliche Plateau im Rücken des Duen hinaufverlegt worden.

Tektonische Störungen sind im eigentlichen Kalirevier am Südhärz unbekannt, während die Buntsandsteinplatte bei Nordhausen sehr lebhaft zerstückelt ist. Es liegt nahe, diese Bewegungen auf die stattgehabte Auslaugung der Salzplatte und auf das Absinken einzelner unterhöhlter Schollen zurückzuführen.

Eine Ausnahme von dem regelmäßigen Bau bildet das benachbarte Ohmgebirge, dessen Fuß heute schon durch den Bergbau erreicht ist. Hier sind auf der Höhe des Muschelkalkplateaus Schichten von Keuper und von cenomaner Kreide an Brüchen und vornehmlich an Flexuren streifen-

förmig eingesenkt. Das Streichen der Senkstreifen geht gegen Nordnordost.

Ein wenig südlich von Nordhausen setzt im Untergrunde der „Goldenen Aue“ eine Flexur parallel zum Harzrand auf, bei welcher der dem Gebirgsrand näher gelegene Teil gesunken ist, so daß also hier gleichsam eine Duplikatur des Beckenrandes sich einstellt. Es ist dies übrigens eine besonders bei tiefer angelegten asiatischen Becken hervortretende Erscheinung, für die vor allem aus den Sudeten charakteristische Beispiele vorliegen. Im weiteren Verlauf entwickelt sich aus dieser Störung der Halbrundhorst des Kyffhäusers, ein spiegelbildliches Seitenstück zum kleinen Thüringer Wald, unterschieden durch die Bruchbegrenzung im Norden statt im Süden und durch das schärfer westliche Streichen. Die nördliche Dislokation ist eine Schaufelfläche als Zerreißung einer überbogenen Flexur, die den Buntsandstein der Goldenen Aue unter das Rotliegende des Kyffhäusers und seine kristalline Grundlage gesenkt hat.

Zum Südharz-Randbezirk zählen wir ferner noch das Gebiet des Eichsfeldes, durch Auslaugung oder Ungunst der Ablagerung als kalitau bekannt und, jenseits des Leinetales, das Buntsandsteinplateau des Solling mit „Justus“ bei Volpriehausen. Das Göttinger Leinetal ist gemäß einer späteren Beweisführung überhaupt nicht tektonischen, sondern als Reiheneckzem autoplasten Ursprungs.¹⁾

1) Hier ist ein Irrtum bei der Literaturangabe S. 40 zu berichtigen. Die Grupesche Arbeit bezieht sich auf diesen Teil des Leinetales, nicht auf den durch v. Koenen und Kloos behandelten Abschnitt zwischen Alfeld und Gandersheim.

3. Kalibezirk der sächsisch-thüringischen Randbecken.

Dem östlichen Teil der Hainleite ist eine anfangs nur schwach ausgebildete Störung eingefügt, welche mit südöstlichem Streichen die Funktion einer starken Senkung des Thüringer Hauptbeckens gegenüber den östlichen sächsisch-thüringischen Randbecken erfüllt. Auch diese Dislokation stellt sich als eine auf große Strecken hin zu Verwerfungen und Schaufelflächen zerrissene Flexur dar. In der Gegend ihrer stärksten Ausbildung, also etwa bei Rastenberg, ist Keuper in das Niveau von Buntsandstein gerückt. Für diese, auf 70 km verfolgbare „Finne-Störung“ ist bezeichnend, daß sie mathematisch genau die Verlängerung einer asiatischen Tangente an den Südrand des Harzrumpfes darstellt, wie ein Blick auf die Karte ergibt. Ein Horizontalschnitt etwa 1000 m unter der heutigen Oberfläche würde einen bis gegen Gera hin verlängerten und einen normalen, d. h. gegen Nordwest anstatt gegen Westnordwest begrenzten Harzrumpf ergeben, und dadurch würde das geologische Bild der Einheiten zweiter Ordnung wesentlich vereinfacht sein.

Die durch die Finnestörung abgegrenzten tektonischen Einheiten sind das Halbbecken der Finne, dessen Tiefenlinie mit der Störung annähernd zusammenfällt, und, jenseits eines nur schwach bloßgelegten Rundhorstes (des Bottendorfer Höhenzuges), das Querfurter und das Mansfelder Versenkungsbecken. Zwischen diesen beiden ist dem Harzrumpf eingefügt der schwanzartige und wie die

Becken nordwest gerichtete Hornburger Vorsprung.

Das geologische Halbbecken der Finne tritt landschaftlich als Hochplateau hervor mit den beiden nordwestlichen Ausläufern der Schrecke und Schmücke. Das Kalilager unter dem Buntsandstein ist neuerdings durch die Gewerkschaft Rastenberg erschlossen. Am Fuß der Schmücke liegen die Baue der Gewerkschaft Heldrungen.

„Roßleben“ baut auf dem Senkflügel der Querfurter Mulde ein, wenig östlich des Bottendorfer Rundhorstes, während „Thüringen“ bei Heygendorf liegt, wo sich der Westrand des mittleren Beckens gegen die Helmeniederung heraushebt.

Am Südrand des Mansfelder Beckens treffen wir der Reihe nach von Halle aus auf die Schachtanlagen der Hallischen Kaliwerke (Zscherben), Krügershall (Teutschental), Georgischacht der Mansfelder Kupferschiefer bauenden Gewerkschaft (Wanzleben), Adler-Kaliwerke (Oberröblingen). Mehr gegen den Ostrand zu baut die Gewerkschaft „Salzmünde“ und ganz im Nordosten, wo jenseits der Saale auf dem paläozoischen Ostufer die alten Wettiner Kohlengruben liegen, die Gewerkschaft „Johannashall“ bei Trebitz.

4. Leinetalbezirk.

Der Buntsandstein des Solling geht an der Weser zwischen Höxter und Holzminden unter Zwischenschaltung einer geneigten Muschelkalkplatte in ein Keuperplateau über, welches weiter westlich als tektonisches Element von Lippe bezeichnend ist. Die Platte besitzt unweit der Weser zwei scharf

ausgeprägte tektonische Einheiten niederer Ordnung, nämlich den Liasgraben von Falkenhagen und einen im Pyrmonter Berg gipfelnden, sehr flach angelegten Rundhorst mit Buntsandsteinzentrum. Er ist tektonisch dem Riechelsdorfer Gebirge nicht unähnlich, aber von höherer Bruchstufe.

Vogler, Homburgwald und Elfas können als gerichtete Vorsprünge des Solling aufgefaßt werden, wenn auch die Bruchbegrenzung gegen Süden besonders beim Elfas eine bedeutsame Rolle spielt. Sie schieben die Buntsandsteinmassen des Solling vor gegen die Keuperplatte an der Weser und gegen eine weniger deutlich ausgeprägte Muscheskalklandschaft bei Einbeck an der Leine, welche durch das orientierte Markoldendorfer Lias-Versenkungsbecken und durch das ungerichtete Kahleberg-Liasbecken, sowie durch den gleichfalls asiatischen Buntsandstein-Rundhorst bei Ahlshausen mehrfach ziseliert erscheint.

Auf dem Südwesthang dieses Rundhorstes baut die Gewerkschaft Siegfried I-Vogelbeck. Der Ahlshausener Horst wird bei Salzderhelden von der Leine durchsägt, die dann bis Kreiensen in nordöstlicher Richtung verläuft. Von hier bis gegen Eime wird sie zwischen den beiden großen asiatischen Versenkungsbecken des Ith-Hils und der Sieben Berge in nordwestliche Richtung gezwängt.

Die Leine fließt in dieser Strecke auf den Schichtköpfen eines stark gestörten Sattelgrates. Brüche und Schaufelflächen, an denen Buntsandstein unter Zechsteinsalz geraten ist, zerschneiden den Grat. Er ist eine typische Restform der benachbarten Senkungskörper. Seine Zechsteinausfüllung

gab Veranlassung zu einem Bergbau bei Freden (Hohenzollern), bei Alfeld (Desdemona) und bei Eime (Frisch Glück).

Der Sattelgrat tritt nördlich Elze mit gegen Nordost gedrehtem Streichen in die Ebene hinaus und ist nicht weiter zu verfolgen. Osterwald und Süntel bilden Versenkungsbecken, bzw. Halb- becken aus unterer Kreide, die nordwärts und nord- ostwärts in das Keuperplateau an der Weser ein- gelassen sind. Das eigentliche Wesergebirge ist eine geneigte Jurapatte. Zwischen ihrem Fuße, dem Bückeberg, Deister und Süntel läßt sich die Land- schaft um Rehren und Einbeckhausen, aus oberem Jura aufgebaut, morphologisch als Plateaustaffel auf- fassen. Mit Bückeberg und Deister, geneigten Oberjuraplatten, sinken die Gebirgsmassen zum norddeutschen Tiefland hinab.

Weiter draußen tritt zum letztenmal in einer vom Stemmer Berg bis über das Steinhuder Meer hinaus markierten asiatischen Linie altes Gebirge zutage. Es ist die Steinhuder Meer-Linie, ein sehr steiler Restgrat aus Schichten verschiedenen Alters. Wo Buntsandstein am Tage ansteht, ist das Kaliwerk „Siegmondshall“ gelegen, dem sich weiter- hin die Gewerkschaft „Weser“ anschließt.

Wie der Solling im Elfas und Vogler, so be- sitzt auch das Eichsfeld im Heber und Barenberg zwei gegen ein Keuperplateau vorgetragene Vor- sprünge, von denen allerdings nur der erste asia- tische Formen verrät. Am nordöstlichen Flexur- hang bei Groß-Rhüden stehen die Kalischächte „Carlsfund“ und „Herrmann II“.

Aus der nördlich vom Heber gelegenen Keuperlandschaft bei Bockenem (p^8 der Karte) erhebt sich der mit deutlicher Krümmung gegen Nordost angelegte Sattelgrat des Hildesheimer Waldes. Er birgt einen an Kalisalzen reichen Zechsteinkern, der bei Diekholzen durch die Gewerkschaft „Hildesia“, bei Salzdetfurth durch die Schachtanlagen der gleichnamigen Gesellschaft aufgesucht worden ist.

Weil der Grat fast allseitig von flachgeneigten Schichten der nämlichen Senkstufe — im heutigen Erosionsniveau vor allem Keuper — umgeben ist, hat die sehr gleichmäßig einsetzende Senkbewegung ein wohlabgerundetes Gratgebilde geschaffen, welches an einen Sattel in Faltengebirgen erinnern würde, falls nicht die Nachbargebilde und die Eigenkrümmung diesen Gedanken ausschließen. Die Konkavität gegen Osten ist als ein Zwangselement anzusehen, wie sie ein derartig energischer Faltenwurf mit ziemlich steilen Sattelflügeln nicht mehr zulassen würde. Östlich von Hildesheim neigt sich mit der gleichen Rundung eine vornehmlich jurassisch geneigte Patte dem großen Braunschweig-Hildesheimer Senkungsfelde zu. Bei Groß-Giesen ist noch ein nordwärts gerichteter, unvollkommen ausgebildeter Sattelgrat als tektonische Einheit fünfter Ordnung eingefügt.

5. Nordharzrandbezirk.

Jenseits der Innerste erhebt sich, anfangs mit Ost-West-Streichen, weiterhin nach einem scharfen Knick gegen Südsüdost verlaufend, der gedrungene Sattelgrat des Salzgitterschen Höhenzuges, eine der

merkwürdigsten tektonischen Formen Deutschlands. Er bildet den Rahmen zur Kreidebucht der Innerste und zeigt bei Salzgitter eine westlich vorspringende Nase, welche zusammen mit dem Vorsprung bei Lutter gegenüber einen nördlichen Teil der Bucht abschnürt. Es ist nun ganz augenscheinlich, daß der Buntsandsteinhöhenzug eine Zwangsform darstellt, dadurch erklärbar, daß ein Nordnordwest gerichteter, etwa gleichzeitig mit dem Braunschweig-Hildesheimer Senkungsfeld ausgebildeter Rundhorst oder Vorsprung (nach Art des Elm oder Hackel) in einer späteren Zeit an Füllmasse einbüßte, so daß als Schwundform die Randkruste des heutigen Salzgitterschen Höhenzuges resultierte. Für die Ungleichartigkeit und Ungleichzeitigkeit des Senkvorganges drinnen und draußen spricht auch das Vorkommen von streichenden Schaufelflächen im mittleren Teil des Höhenzuges. Diese Störungen fallen steil nach Osten ein, und dies steht im Einklang mit der Vermutung von dem jüngeren Alter der Innerste-Mulde. Denn an diesen Dislokationen hat offenbar der westliche Teil des Höhenzuges den schon fertiggebildeten östlichen Teil untersunken.

Die Versuche vor einigen Jahren bei Salzgitter haben ergeben, daß die Störungen in einem solchen gedrungenen Sattelgrat zu einschneidend waren, um zum Bergbau auf derartigen Restgraten zu ermutigen.

Günstiger ist für diesen Zweck ein Gebilde, wie der Harlyberg. Er ist tektonisch ein streichend halbirter Buntsandstein-Sattelgrat mit sehr mächtig ausgebildetem Zechsteinkern. Die nördlich durchsetzende steile Verwerfung zeigt bisweilen den Cha-

rakter einer Schaufelfläche, in dem der nördliche Muschelkalkflügel sich unter den Grat hinunter-senkt. Diese, durch den Bergbau der fiskalischen Grube „Vienenburg“ erschlossenen Verhältnisse dürften dem Everding'schen Profil zugrunde liegen, das in Fig. 11, S. 44 gebracht wurde.

Im Osten der Oker beginnt sich das Kreide-senkungsfeld zu einer tektonisch reich gegliederten Zone herauszuheben. Hier finden sich, wie auch beim Aufsteigen aus dem Tiefland, geneigte Platten jurassischen Alters. Am Rande des Senkungsfeldes bauen „Thiederhall“ und — wahrscheinlich — auch „Hedwigsburg“ auf nichttektonischen Ekzemen.

Zwischen der verhältnismäßig unentwickelten Keuperplatte von Oschersleben - Halberstadt, dem eigentlichen Zentrum des zerfaserten nördlichen Hauptbeckens, und dem Harzrumpf senkt sich das subherzyne Kreidebecken ein mit seinem Ausläufer, der Blankenburger Bucht. Die Gebirgsmassen sind weit nach Süden unter den Rumpf des Harzes an überbogenen Flexuren, steilen Verwerfungen oder gar Schaufelflächen hinuntergezogen.

Der Fallstein ist ein Rundhorst aus Muschelkalk, der Huy ein Sattelgrad, welche dem Südrand der Keuperplatte relativ selbständig aufgesetzt sind. Letzterer trägt bei Anderbeck, an einer hochge-wölbten Gratstelle im Buntsandstein den Kali-schacht „Wilhelmshall“. Das Pabstorfer Becken, im Krümmungsmittelpunkt des Huy gelegen, gibt übrigens auch hier einen Hinweis auf gegenseitige Abhängigkeit der tektonischen Einheiten. Remm-linger Bucht und Lappwald-Bucht schneiden vom Senkungsfeld, bezw. vom Tiefland her in die Keu-

perplatte ein, während die Sattelgrade Asse-Heeseberg und Dorn - Offlebener Höhenzug den Buntsandstein noch bis zum Westrand der Platte emportragen.

Auf der Asse baut die Gewerkschaft gleichen Namens. Am Nordwestende des Dorms steht der Schacht von „Beienrode“.

Mit dem Schöppenstedter Kreidebecken und dem Muschelkalk-Rundhorst des Elm, gegen welchen das Becken in konkaver Abhängigkeit geformt ist, treten noch zwei allseitig von Flexuren vornehmlich und Brüchen begrenzte Einheiten niederer Ordnung hinzu.

An die Keuperplatte fügt sich längs des Flechtinger Höhenzuges, teilweise durch Sprünge von ihm getrennt, das Buntsandsteinplateau von Weferlingen-Erxleben. Auf der Flexurlinie gegen den Lappwald ist das Reiheneck im oberen Allertal mit den Bergbauen der Gewerkschaften „Walbeck“ und „Burbach“ aufgesetzt. Samswegen (Gewerkschaft „Bismarckshall“) ist auf der nördlichen steilen Randflexur des Flechtinger Rumpfes gelegen.

6. Kalibezirk des Bernburger Plateaus und Vorsprünge.

Nach den Clusbergen bei Halberstadt könnte man das asiatische Kreide-Versenkungsbecken nennen, welches im Verein mit einer rückwärts greifenden Zunge der Blankenburger Bucht der Sattelgrad von Quedlinburg herausmodelliert. Eine Zerreißung der Flexuren ist hier nicht bekannt.

In Verfolgung der gleichen Richtung tritt der

am Ende hakenförmig gekrümmte Sporn der Bellebener Muschelkalkbucht in den Buntsandsteinkörper des Bernburger Plateaus hinein. Zwischen der Keuperplatte von Oschersleben-Halberstadt und diesem Plateau greifen in alternierender Verzahnung die folgenden tektonischen Einheiten ineinander: Eggersdorfer Bucht (Keuper), Eikendorfer Vorsprung (Muschelkalk), Gatterslebener Bucht (Keuper), Egelin-Staßfurter Sattelgrad (Zechstein und Buntsandstein), Südegelsche Keuperbucht und Hackel (Muschelkalk).

Die verzahnten Elemente sind sich in der Freiheit der Ausbildung nicht gleichwertig. In eigener Rundung tritt allein der Hackel gegen Nordwesten heraus. Vom Staßfurter Grat aber hat der Bergbau gelernt, daß er mindestens streckenweise als Rastform der anliegenden Buchten fungiert. Denn nicht nur ein Knick in der Gratachse, sondern auch gewisse erhebliche Abweichungen im Streichen des Südhanges, wie sie die Grubenaufschlüsse ergaben und die Übersichtskarte schematisch wiedergibt, kommen der selbständigen Ausbildung der südlich gelegenen Bucht zugute. — Der Eikendorfer Vorsprung, wie übrigens auch der Paschlebener verdanken Verwerfungen ihre Nordostkontur.

Der Kalibergbau des besprochenen Gebietes beschränkt sich auf das Plateau („Solvayhall“ bei Bernburg) und den Sattelgrat von Staßfurt-Egelin, den Ausgangspunkt des Kalibergbaus überhaupt.

Hier liegen auf dem Nordosthang: Friedrichshall (anhalt. Fiskus), Ludwig II und Berlepsch-Schacht (preuß. Fiskus), auf dem Südwesthang die Schächte IV Güsten und Leopoldshall (anhalt. Fiskus), Neu-

staßfurt, Brefeldschacht (preuß. Fiskus), und die Schächte der Alkaliwerke Westeregeln.

Überdies verschärft sich der Muschelkalkvorsprung des Hackel an seinem Südostende zu einem Sattelgrat aus Buntsandstein, der zu dem Bergbau der Gewerkschaft „Aschersleben“ geführt hat.

Im Rücken des Plateaus erhebt sich gegen den Harz hin die Hettstedter Gebirgsbrücke, der wir bereits als Nordrahmen des Mansfelder Beckens begeben sind.

7. Hannover. 8. Übriges Flachland.

Hier geht der Bergbau nur auf Ekzemen um, welche aus der vorliegenden tektonischen Darstellung ausscheiden.

III. Einwendungen.

Wir schreiten an eine Verwertung des in den letzten beiden Aufsätzen dargebotenen Materials zur Beantwortung der Frage: Sind überhaupt und inwieweit sind die Deformationen unter Tage und die großen tektonischen Formen der Landschaft, welche die seit der Zechsteinzeit wirksamen mechanischen Kräfte im Bereich der Kaliprovinsen abbilden, aufeinander zu beziehen?

Die Anatomie der tektonischen Bewegungskörper lehrt, daß die wirksamen mechanischen Kräfte keinesfalls von der Seite kamen, sondern von unten nach oben oder umgekehrt, also gemeinhin in vertikaler Richtung Arbeit leisteten. Die Gründe hierfür sollen noch einmal aus der vorhergehenden Darstellung zusammengetragen werden.

1. Ungleichwertigkeit der Einheiten.

Das Bild, welches eine horizontal wirkende Kraft von einer gewissen Stärke auf einer elastischen Schicht hervorruft, nennen wir Falte. Das Wesentliche einer einfachen isostatischen Faltung besteht mechanisch darin, daß die Schwerebene durch den horizontalen Kraftmechanismus keine Veränderung erleidet, daß vielmehr die Masse der aufwärts gewölbten Schichten (Sättel) derjenigen der abwärts gebogenen (Mulden) entspricht.

Das zweite wesentliche Moment der Faltung ist der Parallelismus aller Sättel und Mulden desselben Systems, dadurch erklärt, daß die Massen überall senkrecht zum wirksamen Druck sich einzustellen bemüht sind.

Aus beiden Gesetzen folgt eine durchgehende gegenseitige Abhängigkeit und Gleichwertigkeit der tektonischen Formelemente Sattel und Mulde. Ein Sattel an sich ist ebenso ein Unding, wie eine Mulde niemals allein auf der Welt vorkommt.

Schon diese Forderung ist im Bewegungsbild der tektonischen Einheiten in Mitteldeutschland keineswegs erfüllt, denn wir sehen selbständige sattelähnliche Gebilde, wie beispielsweise den Allendorfer Rundhorst (vgl. die Übersichtskarte) rings von unbewegten Platten umgeben, und ebenso erscheinen von Sätteln isoliert die muldenähnlichen Formen, wie die Lappwaldbucht oder das Versenkungsbecken von Ith-Hils. Die Ähnlichkeit mit den Faltungsformen ist in den zuletzt erwähnten Fällen eine Folge einer Orientierung der Senkbewegung, die wir damit moti-

vieren, daß die Senkungen unseres Gebietes eben nicht lokaler Natur sind, sondern aus weithin streichenden, von Asien herstammenden und dort hin zurückzielenden Bewegungen der Erdhaut hervorgehen. Es ist aber mechanisch unwesentlich, ob sich eine gerichtete Form herausgebildet hat oder ungerichtete Formen, wie der Pyrmontener Berg oder das Pabstdorfer Becken, die als annähernd kreisrunde Gebilde auf Platten aufsitzen oder in dieselben eingelassen sind. Oder will man etwa einen Druck von allen Seiten her für erforderlich halten, um das Richelsdorfer Gebirge aus der Plateaulandschaft ringsherum aufzutürmen? Dadurch setzt man sich in Widerspruch nicht nur mit der unmittelbaren Anschauung, sondern auch mit der aus der Analyse der heutigen und der früheren Gebirge auf unserem Planeten gesammelten Erfahrung, welche an keiner Stelle ein rundes Gebilde durch Seitendruck erzeugt aufweisen kann.

In diese formale Betrachtungsreihe gehören auch die Erscheinungen, welche wir mit den Worten „Eigenform“ und „Zwangsform“ oder „Restform“ glaubten benennen zu müssen. Es wurde darauf hingewiesen, daß besonders die scharf ausgeprägten tektonischen Einheiten niederer Ordnung eine gegenseitige genetische Abhängigkeit schon in der Form bekundeten. Der Salzgittersche Höhenzug schmiegte sich als Restform der eigengeformten Innerste-Bucht an. Der Hildesheimer Wald zeigt eine Krümmung, in deren Mittelpunkt das Braunschweig-Hildesheimer Senkungsfeld liegt. Auch der nördliche Teil des Sattelgrates an der mittleren Leine, übrigens einer typischen Restform zwischen

zwei ausgeformten Versenkungsbecken, scheint ebenfalls, nach seiner Konkavität gegen Osten zu schließen, von dem Bewegungsmechanismus des Senkungsfeldes beeinflußt zu sein. Das Becken von Schöppenstedt umrandet mit Zwangsformen den Rundhorst des Elm. Am auffallendsten aber dokumentiert sich die Ungleichwertigkeit der Formen in den tektonischen Einheiten Huy und Pabstdorfer Becken, deren Flexurbegrenzungen fast mathematisch auf konzentrischen Krümmungsbögen verlaufen.

In den aufgezählten Beispielen sehen wir Paare ungleichwertiger, voneinander abhängiger stabiler und bewegter Einheiten gleicher Ordnung, deren prima causa die Ausbildung in der Anlage unterdrückter größerer Einheiten der Restform-Art darstellt. Die Restformen, nämlich die Sattelgrate und das Becken von Schöppenstedt, sind dann später zwangsmäßig modifiziert, indem bei Fortsetzung der Senkbewegung die Eigenform des Senkungsfeldes, der Versenkungsbecken bzw. des Rundhorstes (beim Elm) in Erscheinung traten.

2. Unstetigkeit im Streichen und Fallen der Achsen.¹⁾

Aus dem Wesen des Mechanismus der Faltung war oben deduziert worden, daß im Bereich desselben horizontalen Kraftlinien-Feldes Falten von

1) Unter Achsen sind hier ganz allgemein die Leitlinien der stabilen und bewegten Einheiten verstanden, ohne den genetischen Sinn eines z. T. durch Faltung, z. T. durch Senkung entstandenen Elements, welchen Sinn neuerdings Stille diesem Worte beilegt.

parallelem Streichen erzeugt werden. Wie steht es nun aber an Stellen, an denen zwei solcher Kraftlinien-Systeme zusammenstoßen?

Daß solches Zusammentreffen, wenn auch nicht eben häufig, an mehreren Stellen der Erde vorkommt, haben uns S u e s s' Untersuchungen über das heutige Antlitz der Erde gelehrt. Kann man nun nicht die vielfachen Umwendungen im Verlaufe der Bergzüge Mitteldeutschlands, die der erste Blick auf unsere Übersichtskarte zeigt, durch ein solches Interferieren der „herzynischen Faltung“ (Nordwest) mit der „rheinischen Faltung“ (Nord) und der „erzgebirgischen Faltungsrichtung“ (Nordost) erklären?

Nun zunächst fehlt hier noch die Ost-Westrichtung im Huy, Hildesheimer Wald, Salzgitterschen Höhenzug, Süntel und anderen Stellen; und wenn man diese noch als vierte Faltungsrichtung hinzunimmt, so wäre bei einem Spielraum von 2 bis 3 Stunden, welche man den einzelnen Richtungen konzidiert, die Windrose glücklich vollständig bedeckt, so daß also schließlich horizontale Kräfte aus allen Windrichtungen in Mitteldeutschland sich gummeln haben müßten. Und während wir noch schwanken, ob wir dieses Danaer-Geschenk auf so kleinem Gebiet allseitig herumstürmender Kräfte annehmen dürfen, drängen sich uns andere Erwägungen auf, welche sogar gegen die Kombination auch nur von zwei Faltungsrichtungen sprechen:

Einmal interferieren anderswo nur größere Faltenzüge, niemals isolierte Sättel oder Mulden.

Das Sichbegegnen zweier Faltungsrichtungen kommt außerdem in durchaus gesetzmäßiger Weise

in zwei Möglichkeiten zustande, welche Suess als „Kettung“ und als „Schaarung“ zweier Gebirgssysteme gekennzeichnet hat. Bei der Kettung wird ein älterer Faltungsbau durch einen jüngeren davorgeschobenen abgeschnitten und überwältigt. Es ist dies das Verhältnis der Sudeten zu den Karpathen in Österreich-Schlesien oder der Vogesen zum Schweizer Jura an der Belfort-Mülhausener Pforte. Die zweite Möglichkeit der Schaarung zweier Faltenzüge tritt bei gleichzeitiger Ausbildung ein und besteht darin, daß die gefalteten Regionen bei der Annäherung einander beeinflussen und schließlich gemeinsam an einer resultierenden Richtung weiterverlaufen. Das klassische Beispiel liefern Himalaya und iranische Falten im Hindu-kusch.

Es ist nun in Mitteleuropa keine der beiden Suessschen Formen für die Bewegung zweier Faltungssysteme vorzufinden. Vielmehr werden an den verschiedensten Stellen Formen beobachtet, die man am besten als „Streichknickungen“ kennzeichnen kann. Staßfurter Grat und Salzgitterscher Höhenzug sind die markantesten Vertreter unter den Sattelgraten, die Bellebener Bucht unter den niederen bewegten Einheiten.

Die Achsen der Grate und Buchten sind aber nicht nur in horizontalen, sondern auch in vertikalen Ebenen geknickt.

Bei Faltungs-Sätteln kann die Neigung der Sattellinien nur eine ganz geringfügige sein. Sie tritt in strenger Abhängigkeit von der wechselnden Amplitude der Falten in Erscheinung.

Ganz anders bei den Graten, die als Restform

der Senkung entstanden sind, und die wir lediglich der morphologischen Erscheinung wegen als „Sattel“-Grat bezeichnet haben. Bei manchen ergibt schon die Kartierung an der Oberfläche ein erhebliches Auf- und Abtauchen der Achsen, weil Schichten verschiedenen Alters auf der Länge des Rückens zutage treten. Genannt sei hier die Steinhuder Meer-Linie.¹⁾ Bei anderen aber, wo der Bergbau das Rückgrat durchwühlt hat, wie am Dorm, an der Asse, am Huy, im Hildesheimer Wald und bei Westeregeln, nehmen wir mit Staunen wahr, wie das Abfallen der Gratlinien — ganz wie in den Graten im Hochgebirge — an vielen Stellen im Längsverlauf ebenso steile, ja noch steilere Partien aufweist, wie die Sattelflanken. Wie zwingend der hieraus abzuleitende mechanische Einwand gegen Faltung spricht, braucht wohl kaum näher begründet zu werden.

Die Senkungsvorstellung kann aber diese Erscheinung auf das leichteste damit erklären, daß an tiefen Einsenkungen der Grate die erzeugenden Versenkungsgebiete stärker gegeneinander vorgegriffen haben.

3. Streichende Verwerfungen.

Einen weiteren Einwand gegen Faltung entnehmen wir Suess' „Antlitz der Erde“.²⁾ Dem Altmeister der Tektonik und feinsinnigen Analy-

1) Stille: *Marines Oligocän westlich von Hannover*.
2. Jahresbericht des Niedersächs. geol. Ver. zu Hannover 1909,
S. 69—76.

2) Band III, 2. Hälfte, S. 34ff. Wien 1909.

sator der Mechanismen in der Erdrinde war aus den geologischen Karten und den Spezialarbeiten unseres Gebietes besonders aufgefallen, daß die asiatisch streichenden sogenannten „Mulden“ des Ith-Hils, bei Gronau und bei Stadtoldendorf in ihrem inneren Bau von Verwerfungen durchzogen werden, welche parallel der Muldenrichtung verlaufen. Er verweist auf das kleine, sehr genau aufgeschlossene Steinkohlenbecken im Rotliegenden bei Döhlen unweit Dresden und gibt eine auf markscheiderischen Aufnahmen beruhende Darstellung dieses ebenfalls asiatisch gerichteten Beckens, aus welchem zu ersehen ist, wie das genannte Becken sich in einzelne, durch streichende Verwerfungen getrennte parallele Streifen auflöst, die jede für sich nach dem Beckentiefsten zu am stärksten eingewölbt sind. Da somit ein Verwerfungs-, also allgemein ein Senkungsvorgang die Differentialstreifen beherrscht, so muß auch das zusammengesetzte Gebilde durch eine vertikale Bewegung modelliert („sackförmig hinabgetragen“) sein, und deshalb sind auch für S u e s s die größeren Becken nordwestlich des Harzes „nicht durch Faltung erzeugte Synklinalen, sondern . . . Versenkungsbecken“.

Für die alttertiären Gebiete von Egelu und Aschersleben, für welche S u e s s einen ähnlichen Entstehungsvorgang vermutet und eine gleiche Bezeichnung vorschlägt,¹⁾ wird man vielleicht die Benennung „Buchten“ morphologisch empfehlenswerter finden, als den Namen „Versenkungsbecken“.

1) l. c. S. 35.

4. Verzahnung der Platten.

Bei Bernburg und bei Oschersleben stehen ungestörte Gebirgsmassen an, die sich durch ihr Alter unterscheiden. Bei Oschersleben liegen Keuperschichten. Bernburg steht auf Buntsandstein. Beide Platten sind nicht durch eine geneigte Platte, etwa aus Muschelkalk, verbunden, sondern durch drei verschränkte Paare vor- und rückspringender tektonischer Einheiten. Am Hackel, am Staßfurter Sattelgrat und am Eikendorfer Vorsprung haben wir Fortsetzungen der Buntsandsteinplatte gegen Nordwest zu erblicken; die Buchten von Eggersdorf, Gattersleben und Südegeln sind hingegen Ausläufer des Keupers gegen Südosten.

Es ist von Anfang an kein Zweifel darüber gelassen worden, daß wir diese Konfiguration als durch Gebietserweiterungen der relativ bewegten nördlichen Einheit längs asiatischer Senkungslinien entstanden denken. Es bleibt nur übrig, sich zu vergegenwärtigen, zu welcher absurden Folgerungen die Faltungstheorie hier gelangt.

Der horizontale Druck wirkt nach dieser Auffassung aus Südwesten. Er hat die beiden horizontalen Platten verschont und sich peinlich auf den mittleren Gürtel der vorher hier vorhandenen geneigten Platte beschränkt. Er hat ferner den mittleren Staßfurter Sattelgrat genau so weit herausgewölbt, daß der Sattelrücken bis zur Spitze bei Hadmersleben just in das Niveau des südlichen Plateaus hinaufgerückt wurde. Er hat ferner auch in den Mulden genau so lange gewirkt, bis selbst in den Südostzipfeln das Muldentiefste die genaue horizontale Fortsetzung der nördlichen Platte bildet.

Selbstverständlich ist ein solcher Faltungsvorgang mechanisch überhaupt nicht denkbar, aber schon aus Gründen der logischen Sparsamkeit wendet man sich gegen eine Vorstellungsweise, die zur Erklärung offenbar ganz einfacher Formen eng und scheinbar zufällig bemessener Kräfte bedarf.

5. Die Integration der Bewegungen ergibt eine Senkung.

Einen weiteren Einwand ganz allgemeiner Art, der für Senkung und gegen Faltung spricht, kann wieder an den Satz angeknüpft werden, daß bei isostatischer Faltung die Schwerebene der Massen keine Vertikalverschiebung erleidet. Wären also die Erdhaut-Bewegungen seit der Zechsteinzeit nur durch tangentialen Druck hervorgerufen, so müßten die Salzablagerungen zwar nicht mehr im Niveau ihrer Entstehung, also praeter propter im Meeresniveau gelegen sein, aber die Aufwölbung über N. N. müßte den Depressionen unterhalb dieses Niveaus inhaltsgleich sein.

Das ist nun aber keineswegs der Fall. Wenn man im Bereich der Übersichtskarte eine Rückverschiebung der Schichten in das gleiche Niveau vornehmen würde, so würde etwa der Keuper als Gleichgewichtsebene in der Höhe des Ozeans resultieren und das Zechsteinsalzlager vielleicht 1500 Meter unter N. N. zu liegen kommen.

Eine Integration über die Bewegungen im Raum macht also wahrscheinlich, daß die Gesamtheit der Vorgänge seit der Zechsteinzeit in einer Senkung bestanden hat.

6. Es gibt auch Gründe rein theoretisch-mechanischer Art, welche die Erklärung durch Faltung verbieten.

Den Profilinien von Senkungsgebieten liegt nämlich die elastische Linie eines eingespannten und belasteten Balkens, sowie die Krümmung der sogenannten Kettenlinie zugrunde, während Faltengebirge im Profil eine modifizierte Sinusoide^{1) 2)} aufweisen. In Mitteldeutschland sind nun ausnahmslos Kurvenscharen der ersteren Art zu finden. Wir müssen uns aber mangels jeglicher Vorarbeiten für die Geologie auf diesem Gebiete versagen, an dieser Stelle hierauf näher einzugehen.

Im Gegensatz zur Faltungstektonik sehen wir vielmehr in Mitteldeutschland den Bewegungsmechanismus einer reinen Senkung entwickelt, einer Senkung freilich, welche ihre ganz besonderen Eigenheiten aufzuweisen hat.

Da ist zunächst als allgemeinsten Zug zu erkennen eine unregelmäßige, plattenförmige Abdachung nach Norden mit der Tendenz zur Ausbildung horizontaler Gleichgewichtsstufen (Buntsandsteinplatte an Weser und Leine, Keuperplatte bei Oschersleben usw.).

Darüber hat sich palimpsestartig³⁾ die asiatisch

1) M. Smoluchowski: Über ein gewisses Stabilitätsproblem der Elastizitätslehre und dessen Beziehung zur Entstehung von Faltengebirgen. Anzeiger der Akademie der Wissenschaften in Krakau 1909. 2. Mathem.-naturw. Klasse, S. 3 — 20.

2) R. Lachmann: Das Faltungsproblem des westfälischen Steinkohlengebirges. „Glückauf“, Berg- und Hüttenm. Zeitschrift Essen, 1910, Heft 43.

3) Palimpseste nennen die Philologen alte Schrifttexte, welche die Mönche mangels Schreibpapier zum zweiten Mal übermalten.

gerichtete Nordwest-Senkbewegung ausgeprägt, die besonders in den tektonischen Einheiten mittlerer Größe (zweiter und vierter Ordnung) vorwaltet und zu Unrecht die Vorstellung von einer Faltung erregt hatte.

Das dritte Charakteristikum ist die exzentrische Gestaltung der bewegten Einheiten, besonders der Hauptbecken. Die Tiefenlinie dieser Becken liegt weit im Südwesten, und im Zusammenhang damit bildeten sich die überbogenen Flexuren und Schauelflächen im Nordosten von Harz, Flechtinger Höhenzug usw. heraus.

Massenströmungen im tieferen Untergrunde, so nehmen wir mit Ampferer¹⁾ an, haben die Einsenkungsformen, die wir an der Oberfläche beobachten, hervorgerufen. Die Abströmung erfolgte aber unter den asiatischen Bruchstreifen nicht genau nach unten, sondern ein wenig schräg gegen Südwest. Es sind somit die Massenströmungen, welche der asiatische Bruchstreifen in Mitteldeutschland abbildet, entgegengerichtet den gewaltigen Massenverfrachtungen innerhalb der Lithosphäre, die in den Alpen und Karpathen entblößt sind und es ist in diesem Zusammenhang bemerkenswert, daß die asiatischen Linien auch in ihrem Verlauf nach Südosten sich als Tangenten zu den gleichgerichteten Faltungsbögen der jüngeren Kettengebirge darstellen. Ich fühle mich versucht, eine Art von horizontalem Massenausgleich (Isostasie) zu vermuten, welcher während langer Zeiten durch Tiefenströmungen gegen Süden

1) Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen. Jahrbuch der K. K. Geologischen Reichsanstalt zu Wien 1906, S. 539—620.

Massen akkumulierte, die dann in der Tertiärzeit als „posthume Altiden“ (Suess) zum Ausgleich gegen Norden zurückströmten, und sehe in dieser tellurischen Hypothese einen letzten Beweisgrund für den Senkungsmechanismus.

Noch ein letztes kennzeichnendes Moment des Bewegungsbildes in Mitteldeutschland verdient hier erörtert zu werden: das ist das überraschende Bild allseitig im Raum ausgeformter Versenkungsbecken an einer Stelle, wo man sonst etwa Gräben mit Bruchbegrenzung vermuten sollte. Man könnte hier einen Moment die Frage aufwerfen, ob nicht das Material die Ursache dieser Rundform gewesen ist, ob nicht möglicherweise ein sehr plastisches Glied der absinkenden Schichten als elastisches Band die Zerreißung verhindert hat. Ist nicht vielleicht die doch bis 1000 m mächtige „plastische“ Zechstein-Salzmasse an den Rundformen der geologischen Karte schuld?

Eine genauere Überlegung lehrt uns, daß dem nicht so ist. Denn auch das Liegende des Zechsteins ist ähnlich allseitig rund geformt. Richelsdorfer Gebirge und Pyrmonter Berg sind fast gleiche Gebilde, obwohl im ersteren Falle ein liegenderes, im letzteren ein hangenderes Glied, als Zechstein, den Kern des Rundhorstes bilden.

Ebenso ist im Rotliegenden bei Döhlen auf silurischer und alteruptiver Grundlage ohne Steinsalz-Zwischenschicht ein typisches Versenkungsbecken entstanden.

Da demnach das Material nicht die Ursache für die Bildung der Rundformen gewesen sein kann, so bleibt nichts anderes übrig, als den Bewegungs-

vorgang selbst dafür verantwortlich zu machen. Wir haben mehr als einen Beweis dafür, daß die asiatische Senkung durch ganze geologische Perioden angedauert hat und somit liegt es nahe, in der außerordentlichen Langsamkeit des Senkungsvorgangs, in der Anpassung der kleinsten Teile an die neue Lage den Grund zu vermuten, weshalb die tektonischen Einheiten in ihrer äußeren Begrenzung Zerreißen so gut wie gar nicht herzeigen.

Zum Zwecke einer präzisen Bezeichnung sollen hier einige neue Begriffe eingeführt werden. Senkungs- wie Faltungskräfte sind gerichtete Kraftgrößen (Vektoren). Die von ihnen hervorgerufenen Formänderungen (Deformationen) sind deshalb durch eine gewisse Seitlichkeit oder Polarität ausgezeichnet. „Scheitelseitlichkeit“ oder „Vertipolarität“ heiße die Formeigenschaft der tektonischen Senkungs- und Hebungsbilder.¹⁾

„Horipolar“ sind unter anderen Formen Faltungsbilder. Unter „gyropolar“ verstehen wir weiterhin Deformationen durch kreisförmige Bewegungen, und endlich können unter „apolaren“ Formänderungen solche begriffen werden, welche keine bestimmte Richtung im Raum zu erkennen geben.

Es sind nach dieser Bezeichnungsweise alle tektonischen Formen in Norddeutschland vertipolar. Die Deformationen der Salzlager, wenn wir uns auf

1) Übrigens nicht ausschließlich. Auch der Vulkanismus erzeugt vertipolare Deformationen.

die Einteilung auf Seite 82 beziehen dürfen, teilen sich folgendermaßen ein:

Vertipolar: Verbiegungen, Kuppen und Kessel und stehende Falten.

Horipolar: Schlingen, Schichtenstauung und Schichtenschwindung.

Gyropolar: Auslenkungen, Ausweitungen und Verdrückungen, Zungen und Nester.

Apolar: Verkrampfung und Verschlingung.

Vertipolar sind auch die sämtlichen äußeren Deformationen, nämlich sowohl die tektonischen Deformationen als auch die Ekzembildungen.

Aus dieser formalen Betrachtungsweise ergibt sich, daß von vornherein ein großer Teil der Schichtenstörungen auf Salzlagerstätten ausscheidet, soweit die Erklärung durch die Mechanik der tektonischen Kräfte, die ja nur vertipolar deformierend haben wirken können, in Frage kommt. Dieses Ergebnis, im Verein mit den Einwendungen, die bereits bei der Schilderung der Phänomene unter Tage erhoben waren, führt mit zwingender Notwendigkeit zu einer genetischen Vorstellung von etwa folgender Art:

Bei den Lagerstätten vom Deformationstypus „Werratal“, welcher die Bergbaubezirke Werra- und Fuldata, Südharzrand und sächsisch-thüringische Randmulden auf der Übersichtskarte umfaßt, ist eine Erklärung der Deformationen durch tektonische Kräfte so gut wie gänzlich ausgeschlossen. Die Salzplatte hat sich in äußerst langsamer Bewegung, wie Hangendes und Liegendes, der asiatischen Beckenlagerung angeschmiegt. Die Kuppen und Kessel, die Arabesken und die anderen

inneren Deformationen sind durch Selbstformung (Autoplastie) entstanden.

In den Kalibezirken IV bis VI (Leinetal, Nord-Harzrand, Bernburger Plateau und Vorsprünge) wird die Steilheit der Lagerstätten erklärt durch die tektonische Lage auf den Flexurhängen zu den Versenkungsbecken und Buchten, welche das Magdeburg-Halberstädter Hauptbecken unterteilen. Die Deformationen vom Typus „Harzvorland“ sind deshalb überwiegend fremdgeformt oder heteroplast. Innerhalb der Flexurhänge haben nach dem Ausdruck von Margerie Kräfte ausschließlich in vertikaler Richtung gewirkt und zwar nicht Druckkräfte, sondern Zerrungskräfte. Der Vorgang der Senkung war aber ein so allmählicher, und die Zerrungsbeanspruchung in der Zeiteinheit eine so minimale, daß sich trotz der großen Sprödigkeit der Salzmassen jedes Teilchen ohne Bruch verschieben konnte. Es ist deshalb eine Einwirkung der tektonischen Kräfte auf die inneren Deformationen dieses Lagerstättentypus an sich schon unwahrscheinlich. Weiterhin schließt das Überwiegen von nicht-vertipolaren Störungsformen diese genetische Erklärung aus.

Der Typus „Tiefeland“, in den Kalibezirken VII und VIII (Hannover und übriges Flachland) ausgebildet, wird durch die Ekzeme vertreten, die an sich wegen ihrer Vertipolarität die tektonische Erklärung raumgeometrisch ermöglichen, aber aus später ausführlich zu erwähnenden Gründen nicht hierher gehören.

1) Neueste Literatur bei Philippi: Über die präoligocäne Landoberfläche in Thüringen. Zeitschr. d. D. geol. Ges. Bd. 62, Jahrg. 1910, S. 378.

Nach den Erörterungen über die Formen bleibt noch einiges über das Alter der Deformationen im Salze und die Tektonik über Tage zu sagen; schon der Vollständigkeit halber, wenn auch eine direkte Förderung des vorliegenden Problems vorderhand noch nicht abgesehen werden kann.

Unsere Vorstellungen über das Alter der Störungen in Mitteldeutschland haben in jüngster Zeit eine vollkommene Umwälzung erfahren. Eine große Reihe von Forschern hat sich mit Erfolg bemüht, das schematische Bild zu zerstören, welches noch vor 10 Jahren als Dogma galt: daß alle Gebirgsbewegungen und alle vulkanischen Ereignisse in Mitteldeutschland gleichzeitig, und zwar zur mittleren Tertiärzeit, zusammenfallend mit der Hauptfaltung der Alpen und der Hauptgebirge der Erde, vor sich gegangen sind.

Der Stand der Dinge ist zurzeit etwa der folgende: Man findet an den verschiedensten Stellen alttertiäre Ablagerungen ungestört über eine alte, ganz flache Landoberfläche (Peneplain) ausgebreitet, in deren Grund die Hauptstörungen bereits ausgebildet waren. Man zerlegt diese präalttertiären Dislokationen weiterhin noch in zwei Hauptperioden, die eine kurz vor Ablagerung der unteren Kreide und eine zweite intrakretazische, und stellt die Behauptung auf, daß die Gesamtheit der jüngeren Störungen im Tertiär, durch welche die heutigen Landschaftsformen, vor allem der Thüringer Wald, der Harz usw. herauspräpariert wurden, nur unbedeutende Nachklänge jener älteren Störungen darstellen.

Es soll dahingestellt bleiben, ob die quantitativen

Schätzungen richtig sind, ob man sich nicht bald wieder unzweideutiger und sehr bedeutender Verwerfungen auch tertiärer Schichten entsinnen und den jüngeren Bewegungen gegenüber den älteren wieder zu ihrem Rechte verhelfen wird. Bleiben wird jedenfalls die Vorstellung, daß die Bewegungen sich auf sehr große Zeiträume verteilen. Hier wird es sogar nicht angängig sein, bei dem Jura als ältester Dislokationzeit stehen zu bleiben.

Ein sehr bedeutendes Alter ist jedenfalls z. T. den gerichteten Senkungen zuzuschreiben, für die der Ausdruck „asiatische“ vorgeschlagen wurde. Bei den Sudeten, die als einziges deutsches Mittelgebirge im äußeren Umriß und im inneren paläozoischen Kern die Nordwestrichtung ausgebildet haben, gehen die gerichteten Senkungen, aus gewissen Transgressions-Erscheinungen im Waldenburger Steinkohlenbecken zu schließen, bis ins Karbon zurück.

Zur Zechsteinzeit gab es zwar noch keinen Thüringer Wald und keinen Harz, aber Bryozoenriffe an ihrem Rand deuten auf Untiefen in diesen Gegenden hin, und vielleicht ist die geringmächtige Ausbildung des Zechsteins bei Schönebeck unweit Magdeburg im Gegensatz zu Staßfurt und zu den Salzmassen bei Jessenitz und Sperenberg ein Hinweis auf einen asiatischen Zechsteinstrand in der Gegend des heutigen Flechtinger Höhenzuges. Somit wären alle drei „Rumpfe“ schon im Paläozoikum präformiert.

Es ist ferner von Anderen scheinbar ganz übersehen worden, daß bei Schmalkalden bereits vor Jahren an mehreren Stellen Auflagerungen von Buntsandstein auf kristallinen Schiefern durch-

Bücking kartiert sind,¹⁾ Auflagerungen, welche im Verein mit ganz einwandfreien Transgressionsprofilen des Plattendolomits²⁾ den Beweis erbringen, daß am Rande des heutigen Thüringer Waldes Inselgruppen aus dem Zechsteinmeer herausgeragt haben. Es läßt sich sehr wohl vorstellen, wie von hier aus Unebenheiten oder gar asiatisch gestreckte Inseln den Abschluß des Werratal-Beckens mit seiner abweichenden Salzfolge von dem nördlichen Hauptbecken bewirkt haben.

Auch die triassische Erdperiode war nicht frei von asiatischen Senkungen. Die Untersuchung des Reiheneckzems an der Aller hat das Resultat gezeigt, daß diese autoplaste Form bereits zur Keuperzeit in ihren Anfängen angelegt war. Da dieses Ekzem eine deutlich asiatische Richtung hat und einer zweifellos älteren Flexurlinie aufsitzt, so ergibt sich für die beginnende Einsenkung der Lappwaldbucht ein spätestens jungtriassisches Alter.

Im jüngsten Jura haben sich dann die ersten der Störungen abgespielt, welche Stille an der Egge untersucht hat, und weiterhin haben in gewissen Gegenden bis in die jetzige Erdperiode hinein die Senkbewegungen angedauert. Die Tendenz besonders bei den jüngsten Bewegungen war immer dahin gerichtet, die vorhandenen bewegten Einheiten noch weiter einzusenken. Außerdem scheint die Erneuerung der Formen von Südwest gegen Nordost vorzuschreiten. Der Harz ist z. B. in seiner heutigen

1) Bei Reichenbach, Hohleborn, am Waldhaus, Nüßleshof, Weinberg und Buchenberg. Vgl. Blatt Schmalkalden der geologischen Spezialkarte von Preußen.

2) Bahneinschnitt bei Station Auwallenburg. Ferner am Stahlberg und im Tiefen Mommelstollen.

Form jünger als der Thüringer Wald, und vielleicht ist es nicht zu kühn, für eine geologisch nahe Zukunft die — relative — Heraushebung des Flechtinger Höhenzuges zu prophezeien. Es würde dann die Elbe bei Magdeburg den Charakter des Rheintales etwa bei Koblenz annehmen.

Bei dieser Lage der Dinge ist natürlich die Aufgabe sehr erschwert, für eine bestimmte Dislokation über Tage ein festes Alter anzugeben. Noch schwieriger wird es sein, für die Deformationen in den Bergwerken, welche natürlich nur in ihrem Alter in bezug auf die tektonischen Störungen über Tage festgelegt werden können, eine Bildungszeit zu nennen.

Überdies sind mir nur zwei Stellen bekannt geworden, an denen mit Grubenbau zweifellos tektonische Einwirkungen erschlossen sind, deren Alter z. T. wenigstens zu fixieren ist.

Der eine Fall sind gewisse Risse, die im Werra- und Fuldata in einzelnen Gruben angefahren sind. Sie hängen mit den miocänen vulkanischen Erscheinungen der Rhön ursächlich zusammen. Sie durchlaufen gänzlich ungestört die Kuppen und Kessel sowie die kleinen Verschlingungen der Kalilager und sind somit jünger als diese.¹⁾

Anders deute ich einige merkwürdige streichende Spaltenzüge von wenigen Metern bis 50 m Länge im Hartsalzlager von „Roßleben“. Sie sind sehr steil angelegt, und zwar senkrecht im Raum bis senkrecht zu den etwa 20 Grad gegen Nordost fallenden Schichten, verwerfen nur z. T. um wenig

1) Siehe Fig. 23 auf beigegebener Tafel.

Zentimeter bald im Sinne, bald im Gegensinne des Schichtfallens. Sie klaffen bis einige Millimeter und sind dann z. T. mit Kieserit ausgeheilt. Im liegenden Steinsalz verschwinden sie bereits.

Man kann zu ihrer Erklärung schon wegen ihres Streichens nur auf tektonische Einflüsse zurückgreifen. Es sind wohl Scherflächen innerhalb der sehr spröden Hartsalzplatte, die infolge seismischer Bewegungen beim Einsenken des Querfurter Beckens starken Schwingungen ausgesetzt war. In dieser Gegend sind nach Philipp¹⁾ sowohl prä- als postligocäne Störungen aufgetreten. Es ist deshalb kaum möglich, die verursachenden Bewegungen einer bestimmten Störungszeit zuzuschreiben, aber auch hier sind sehr heftige Verkrampfungen und Verbiegungen im Hartsalzlager bekannt, welche von den fraglichen Spalten glatt durchsetzt werden.

Die Störungen auf den Salzlagerstätten sind demnach, wenn auch ihr Alter direkt nicht angegeben werden kann, doch indirekt dadurch gekennzeichnet, daß sie in allen nachweisbaren Fällen älter sind als jede tektonische Einwirkung. Die chemisch-physikalische Deutung wird dieses Ergebnis begreiflich machen und das Alter in einzelnen Fällen genauer präzisieren können.

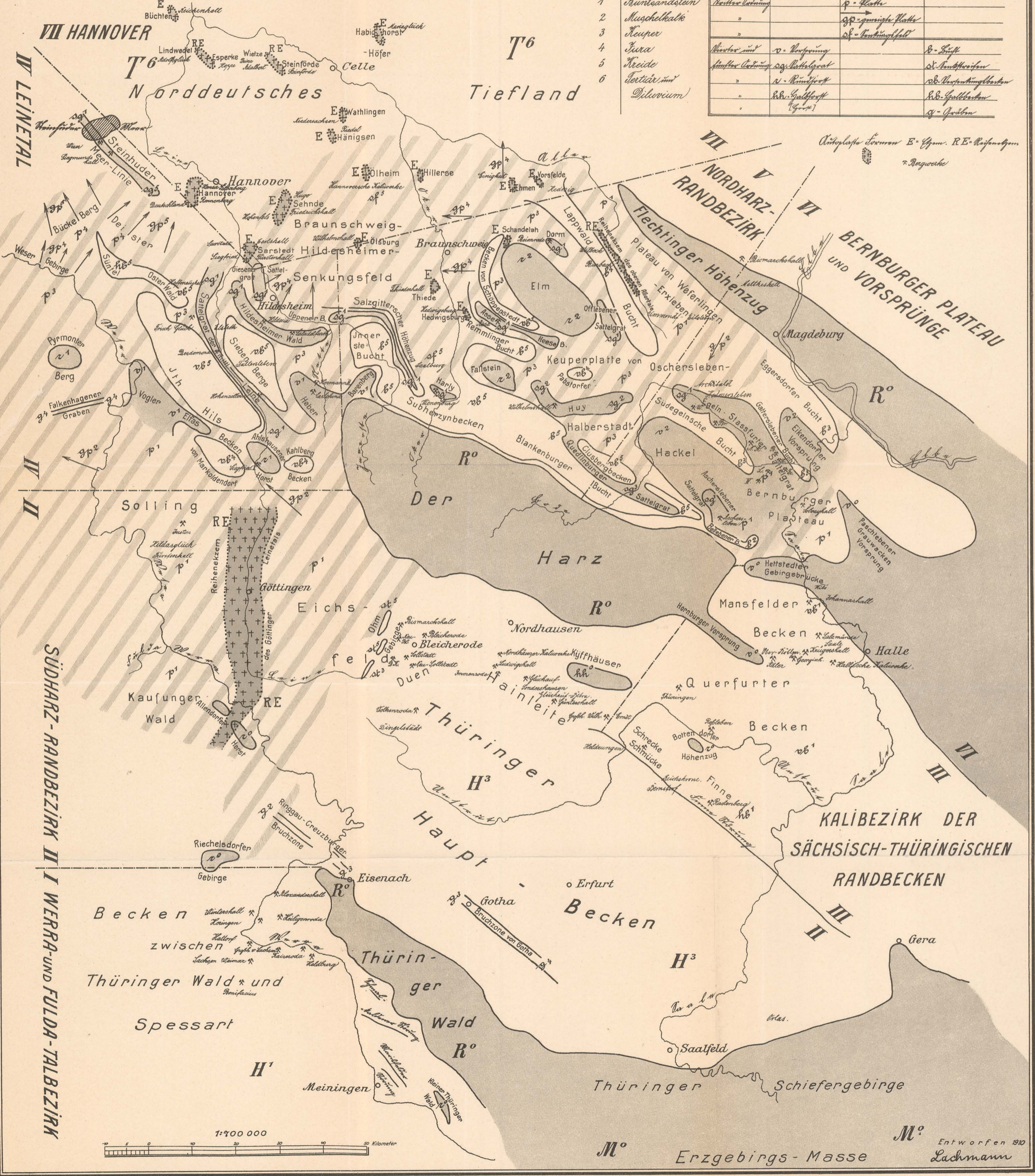
Von den vier Einwendungen, die am Schlusse der „ersten Folge“ erhoben waren, sind im Vorstehenden die mit 1, 3 und 4 bezeichneten behandelt worden. Die Plastizität der Salze soll im Zusammenhang mit allgemeinen Untersuchungen über die als Deformatoren in Betracht kommenden physikalischen Kräfte erörtert werden.

1) l. c. S. 367.

Die tektonischen Einheiten der deutschen Kaliprovinsen, als Senkbewegungsbild dargestellt.

Erläuterungen.

Tafelnummer	Lithologische Bezeichnung	Tafelnummer		
		Mobile Einheiten	Stabile Einheiten	Erzgebirgs-Einheiten
0	Paläozoikum	Götter-Formation M. Werra		T. Vogelfeld
1	Buntsandstein	Grüner-Formation R. Harz		H. Gollbach
2	Muschelkalk	Weiße-Formation	P. Kette	
3	Kreide		gp. grüne Kette	
4	Jura		df. Kette	
5	Tertiär mit Diluvium	M. mit v. Vorprung		B. G. G. G.
6		Ältere-Formation		H. Gollbach
		N. Kette		H. Gollbach
		H. Gollbach		H. Gollbach



M^o Entworfen 1910
Lachmann