

Untergrund-Studien.

Von Konsul a. D. Dr. Carl Ochsenius.

I. Der flache Untergrund von Venedig.

Der Vorstand des Naturwissenschaftlichen Vereins des Regierungsbezirks Frankfurt a. Oder hatte 1903 die Freundlichkeit, einen Aufsatz von mir, „Wasserkissen als Ursache plötzlicher Bodensenkungen in der Mark Brandenburg“ in den Band XX. seines Organs „Helios“ aufzunehmen.

Ich kann den darin angeführten Tatsachen noch einige einschlägige Mitteilungen zufügen, die zur Bestätigung der dort entwickelten Ansichten dienen.

Die Berliner „Vossische Zeitung“ vom 9. Nov. 1903 berichtete in No. 256 über eine bemerkenswerte Naturerscheinung, die auf dem Wege zwischen den Bahnhöfen Südende und Mariendorf zu beobachten war. „Dort befindet sich einige Minuten vom Bahnhof Südende auf der Nordseite der Steglitzer Strasse, dicht umgeben von alten Weiden, ein kleiner See, dessen Länge etwa 50 Meter betragen mag. Fast stets sieht man dort jetzt Vorübergehende stehen bleiben, die zweifelnd und ratend das Aussehen dieses Gewässers betrachten. Die ganze Oberfläche zeigt eine stellenweis grüne, stellenweis stumpfrote Färbung, ist sanft gebuckelt und, was das Auffälligste ist, es ziehen sich konzentrisch gebogene Erhöhungen hindurch, die wie stehengebliebene Wellen aussehen. Von Wasser ist keine Spur zu sehen; dass aber der See nicht etwa ausgetrocknet ist, zeigt der Kahn, der bis zur normalen Tiefe in die Masse hineinragt. Bei genauer Betrachtung zeigt sich, dass dies ganze Gewässer mit einer nur sehr kleinen Wasserpflanze in einer über 2 Dezimeter dicken Schicht bedeckt ist, die auf der Oberfläche schwimmt. Die Pflanze gehört nun nicht zu den Bürgern unserer Flora,

sondern stammt aus Amerika. Es ist ein kleines, ausserordentlich zierliches Gewächs aus der Gruppe der Farrnpflanzen, *Azolla Caroliniana* genannt, welche vom Ontario und dem westlichen Newyork bis nach British Kolumbien, Florida und Mexiko und auch in Süd-Amerika verbreitet ist. Die kleinen Blätter sind sammetartig grün, zuletzt rot gefärbt und lassen sich nicht benetzen; sobald man sie unter Wasser taucht, gleichen sie Silbertropfen und nach dem Aufsteigen an die Oberfläche sind sie trocken wie zuvor. Bemerkenswert ist auch die schnelle Vermehrung der *Azolla*; aus einem oder wenigen Pflänzchen, deren jedes nur wenige Zentimeter lang ist, wachsen diese Massen heran, die imstande sind, kleinere Seen im Laufe eines Sommers 2 bis 3 mal mit einer bis mehrere Dezimeter dicken Schicht zu bedecken. Rätselhaft ist, wie die *Azolla* in jenes Gewässer bei Südende gelangt ist. Dass sie absichtlich hineingesetzt ist, erweist sich nach Prüfung der Verhältnisse als ziemlich ausgeschlossen; es wäre also die Möglichkeit vorhanden, dass sie durch Vögel übertragen ist, wahrscheinlich aus einer Fischzuchterei in der Nähe. Im botanischen Garten ist die Pflanze in diesem Jahre nicht kultiviert worden. Sie ist bereits früher mehrfach in Europa aufgetreten, aber meist, wenigstens nach einigen Jahren, durch den Winterfrost wieder zerstört worden und verschwunden. (Vergl. Ascherson u. Graebner Synopsis I., p. 114.)“

Diese Notiz illustriert recht deutlich das Zustandekommen einer dichten Pflanzendecke in verhältnismässig sehr kurzer Zeit über einem stehenden Gewässer.

Ueber die Stabilität einer solchen liegt ein ausserordentlich charakteristischer Bericht von Hugo Erdmann vor, der untern 15. Juni 1903 eine Beschreibung des Ludwigshofer Fenns im Kreise Uckermünde in Pommern veröffentlichte. Da liegt eine grossartig elastische Torfdecke auf wässerigem, stickstoffreichem Teichinhalt, welche so tragfähig ist, dass man selbst mit einem nicht zu schweren Wagen darüber fahren kann, ohne einzusinken; die darunter befindliche schwammige Masse ist ebenfalls so elastisch, dass jede Belastung eine weithin sich fortpflanzende Wellenbewegung der Decke verursacht und das Gehen darüber etwa dem auf dem Deck eines Schiffes vergleichbar ist.

Ueber gleichartige Verhältnisse in Deutsch-Ostafrika berichtete R. Kandt. Somit liegen der Anfang und der Werdegang eines Wasserkissens hier vor. Auch über das Ende finden sich neuere Nachrichten.

In der Weichselniederung brach im vorigen Jahre ein Ackerknecht mit doppelt bespanntem Pflug bei der Arbeit in einen sich plötzlich auftuenden Hohlraum des Feldes, von welchem Niemand vorher eine Ahnung gehabt hatte, ein, wobei Pferde und Gerät verloren gingen. Offenbar war es ein Wasserkissen, wenigstens gewesen, das den Hohlraum geschaffen hatte, dessen Decke zuletzt aus irgend einem Grunde nachgab und mit der Belastung in die Tiefe stürzte.

Auf Auswaschungen ist der Vorfall nicht zurück zu führen, weil sich solche leicht bemerklich machen und nicht isoliert, sondern strichweise im Alluvium auftreten.

In dem von mir eingangs erwähnten Heliosaufsatz fand sich auch eine streifende Berührung der Untergrundsverhältnisse von Venedig, auf deren Unsicherheit mancherlei dort sich fühlbar machende Uebelstände zurückzuführen sind. Ich habe dieselbe kurz gekennzeichnet als „Wasserkissen“ in der Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft, 54, 1902 und 1903.

Das meinerseitige Anschneiden der Frage nach den Ursachen der Katastrophe des am 14. Juli 1902 in sich zusammengestürzten Glockenturms von S. Marco in Venedig hat dann zur Folge gehabt, dass die Tagespresse derselben näher trat und sich bis heute damit beschäftigt, allerdings meist in ruhiger, referierender, zuweilen aber auch in unnötig alarmierender Weise.

Dieser letzte Umstand veranlasst mich, um Aufnahme folgender Ausführungen bzw. Reproduktionen im „Helios“, als vorzugsweise geeignetes Organ ad hoc, zu bitten.

Nachstehender Artikel ging hauptinhaltlich durch (soweit mir bekannt) 42 deutsche, österreichische und Schweizer Tagesblätter und von da auch in einige nordamerikanische, z. B. in Nr. 265 vom 21. September 1904 der „Westl. Post“ von St. Louis in den Vereinigten Staaten.*)

*) Ein Zeitungsausschnitt-Bureau in Berlin versah mich mit den betreffenden Belägen. Jeder kostete 25 Pfg. und erinnerte so an die Richtigkeit des volkstümlichen Ausspruchs: „Wer den Schaden hat, braucht für den Zeitungsartikel nicht zu sorgen!“

„Wird Venedig wieder seinen Campanile erhalten? Ueber den Baugrund von Venedig mit besonderer Rücksicht auf die Frage, ob der eingestürzte Campanile wieder errichtet werden kann, äussert sich Dr. Ochsenius aus Marburg im letzten Heft der „Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft“ recht pessimistisch. Der bekannte Gelehrte nimmt an, dass sich im Untergrund von Venedig hohle, mit Wasser erfüllte Stellen finden, aus denen das Wasser und etwa daneben enthaltene Gase durch irgend einen infolge von Ueberlastung entstandenen Riss herausgepresst wird. Die notwendige Folge ist dann das Nachsinken der über diesen Hohlräumen lagernden Schichten. Ochsenius hat diese Erscheinung als „Wasserkissen“ bezeichnet, auf denen die Oberfläche des Bodens von Venedig teilweise ruht. Dass derartige Verhältnisse eine grosse Unzuverlässigkeit des Bodens und der darauf errichteten Gebäude bedingen, ist völlig klar.

Was den Campanile betrifft, so wird es nach dem Gutachten von Ochsenius schwerlich gelingen, den alten Kern des Fundaments wieder soweit in Stand zu setzen, dass er einen Monumentalbau zu tragen vermag. An der Stelle des Glockenturmes besteht der Untergrund aus einem Chaos von Mergelschollen, ferner aus Rostpfählen, die teils versteinert, teils vermodert und ausserdem vermutlich aus ihrer früheren Lage verschoben sind; sodann aus gleichfalls gegeneinander verrückten und geborstenen Mauerresten. Wenn man sich nun dies Durcheinander noch von Rissen und Spalten in allen Richtungen durchzogen und diese mit einem sandig-wässerigen Inhalt erfüllt denkt, so muss diese Vorstellung allerdings zu traurigen Aussichten führen. Dazu kommt noch, dass das Grundwasser jetzt bis über die Roste hinaus gestiegen ist. Ursprünglich war das zweifellos nicht der Fall, denn sicher hat man den Glockenturm seinerzeit nicht ins Wasser selbst hineingebaut, sondern auf festen Boden. Wahrscheinlich hat sich eben unter dem Turm auch ein solches Wasserkissen befunden, aus dem das Wasser allmählich herausgepresst worden ist, worauf die Decke zugleich mit dem Fundament nachsank. Unter dem Turm einen ungeheuren Zementblock durch eine dauerhafte Vereinigung von Stein, Sand und

Holz zu schaffen, würde unübersehbaren Aufwand an Geld und Zeit erfordern und doch keine unbedingte Zuverlässigkeit gewährleisten. Dr. Ochsenius schliesst seine Ausführungen mit dem Satz: „Es scheint sich da aus der Beunruhigung von diversen Wasserkissen eine ganz verworfene Gegend zu entwickeln.“ Diese Worte sind selbstverständlich nach den geologischen Fachausdrücken zu verstehen. „Verworfen“ ist der Untergrund von Venedig in diesem Sinne wegen der Verschiebung der einzelnen Bodenschollen gegeneinander, die wieder eine Folge der allmählich ihres Wassergehalts beraubten Hohlräume unter den Oberflächenschichten ist.“

Hiergegen wäre ja nichts zu erinnern. Wenn aber, in manchen sich an Vorstehendes anlehnenden Aufsätzen gesagt wird, dass dem Schicksal des Glockenturms sehr viele andere Monumentalbauten Venedigs, besonders die Kirchen entgegengehen, so ist das nach meinem Dafürhalten eine zu weitgehende Folgerung, die sich allerdings auch in die Tagespresse eingeführt hat. So konnte man in einigen Zeitungen lesen: „Das sinkende Venedig. Venedig sinkt! Langsam scheint die alte Königin des Meeres wieder hinabtauchen zu wollen in den Schooss der Gewässer, dem sie vor nahezu anderthalb Jahrtausenden zu noch heute berückender Schönheit entblüht ist. Der Einsturz des Glockenturmes von San Marco im Juli 1902 war nicht das erste Signal der drohenden Gefahr; schon lange bröckelte es hier und da. Mussten nicht die Deutschen in Venedig ihr aus dem dreizehnten Säkulo stammendes Kaufhaus schon zu Beginn des sechzehnten Jahrhunderts infolge einer Senkung der Fundamente umbauen? Sehen wir nicht im Dogenpalast einzelne Mauern mit Ketten an ihre fester stehenden Nachbarn gefesselt? Und nun geht durch die Tagesblätter das Gerücht, dass auch die Markuskirche selbst bedroht sei: die Fundamente geben nach; in zwei Gewölben, dem des Paradieses und dem der Apokalypse, zeigen sich bedenkliche Risse. Die Baukommission fordert beträchtliche Summen für Reparaturen; aber wird es mittelst blosser Reparaturen gelingen, dem Verderben Einhalt zu gebieten? Der geologische Sachverhalt lässt leider wenig Hoffnung für eine bejahende Antwort auf diese Frage.

Venedig, heisst es in einer alten Beschreibung, liegt anderthalb deutsche Meilen vom festen Lande auf 72 kleinen Inseln des Golfo di Venetia und ist ihrer Lage halber, da sie ohne Wall und Mauern, in Flut und Wellen auf Pfählen erbauet, ohne Grund gegründet, das Meer ihr Boden, der Himmel ihr Dach und der Ab- und Zulauf des Meeres ihre Mauern sind, für ein Wunder der Welt und eine Königin der Städte zu halten.

Ohne Grund gegründet, das Meer ihr Boden — der alte Topograph hat selbst nicht gewusst, wie wahr er da sprach! Denn er kannte noch keine Wasserkissen und ahnte nicht, dass die Lagunenstadt auf dem treulossten aller Baugründe errichtet ist. Gewisse, dem Bergmann in älteren Schichten unter dem Namen „Wassersäcke“ bekannte, ringsum abgeschlossene Wasseransammlungen treten auch im Alluvium, dem nach der grossen Eiszeit gebildeten jüngeren und jüngsten Schwemmlande, auf und werden hier als „Wasserkissen“ bezeichnet. Ihre Bildung vollzieht sich fast stets auf dieselbe Weise. Tote Flussarme, Altwässer, kleine Seen, sich selbst überlassene Teiche und Tümpel werden von einer Schicht schwimmenden Pflanzenmaterials überzogen, die unter Umständen so dicht und fest wird, dass vom Winde daraufgetragener Sand und Staub nicht mehr untersinkt, sondern sich verfestigt und im Anschluss an die Ufer eine feste Deckschicht über dem Wasser bildet. Dann ist der flüssige Inhalt am Grunde völlig eingesperrt und trägt seine durch den Schlamm von Ueberschwemmungen oder durch vom Wind getriebenes Material verstärkte, oft nur noch wenig elastische Decke weiter, so lange keine Störung eintritt: das Wasserkissen ist fertig.

Derartige unter Druck geratene, völlig eingesargte Bildungen können sich sogar übereinander wiederholen. Sie scheinen sich nicht nur an der Oberfläche, sondern auch auf dem Grunde von Gewässern bilden zu können, wofür der Reisende Richard Kandt in dem Sindi, einem Flusse Deutsch-Ostafrikas, ein vorzügliches Beispiel fand.

Jedesmal, wenn Kandt den Fluss auf einer Furt kreuzte, zeigte das Bett dem Ufer zunächst zwischen Gras und Papyrusschilf einen schwarzen, scheinbar festen Humusboden. Sobald man aber nur wenige Schritte auf der Furt zurückgelegt hat, beginnt der Boden bei jedem Schritt

nachzugeben und in weitem Umkreis bei flacher Wellenbewegung zu wanken. Gleich einem ausgespanntem Tuch, das elastisch jedem Drucke nachgibt, sinkt der Boden des Flusses ein, um sich rasch wieder auszugleichen. Das verursacht ein infames Gefühl, das alle Schrecken der Seekrankheit wachruft, vermehrt um die Empfindung, jeden Augenblick durchbrechen zu müssen und in einer unbekanntem Tiefe elend zu versinken. Am ausgeprägtesten ist die Erscheinung natürlich, wenn die Leute einer Karawane in langer Folge das Flussbett durchqueren. Kandt hat gleich seinem Vorgänger Cameron nur eine Erklärung dafür: in der Tiefe, unter dem Flussbett, muss Wasser sein, auf dem die durch Pflanzen und Wurzelwerk zusammengehaltene Erdmasse schwimmt.

Man fühlt sich, ehe man die schreckliche Lage der Lagunenstadt zugibt, versucht, nach anderen Erklärungen für das Sinken des Grundes und das Reissen des Gemäuers zu suchen. Sie sind jedoch schwerlich vorhanden. Erdbeben verlieren schon im Diluvialboden, wie viel mehr im weichen und nachgiebigen Alluvium ihre erschütternde Gewalt. An ein Faulwerden und Nachgeben der Pfahlroste, deren Eichenstämme, ganze Waldungen, den Boden Venedigs förmlich spicken, ist ebensowenig zu denken, denn Eichenholz wird im Wasser bekanntlich immer schwärzer und härter. Die einzige Erklärung besteht in der bereits erwiesenen Annahme von Wasserkissen, deren Kissenüberzug, hier eine Tonmergelschicht, durch Anstechen, Anbohren oder übermässige Belastung durchlöchert ist und nun, bei teilweiser oder völliger Entleerung des wässerigen und gasförmigen Inhalts durch die entstandenen Löcher oder Risse, mit seiner ganzen Last langsam absinkt.“

Soweit bruchstückweise der vorstehende Aufsatz.

Hierzu muss ich bemerken, dass Venedig nicht auf einem einzigen Wasserkissen steht, sondern dass sicherlich deren mehrere von einander getrennte vorhanden sind und dass nicht jeder Kissenüberzug notwendigerweise nachgeben muss, so lange er nicht durch Bohrungen oder Ueberlastung und dergleichen zerrissen wird.

Hinsichtlich des Fondaco dei Tedeschi, des deutschen Kaufhauses, belehrte mich H. Simonsfeld - München, der

Historiograph Venedigs, dass nicht ein Umbau durch Senkungen, sondern ein Neubau durch Feuer seinerzeit nötig gewesen sei. Damit ist freilich nicht bewiesen, dass die Senkungen des altrömischen und mittelalterlichen Pflasters den Fondaco intakt gelassen haben, aber ein drohender Einsturz scheint um jene Zeit noch nicht eingetreten zu sein. An verklebten Rissen in den Mauern, welche schon vor 30 Jahren auf Photographien deutlich hervortraten, fehlt es an vielen Grossbauten in Venedig allerdings nicht, allein die bedeuten doch nicht, dass die ganze stolze Lagunenstadt am Versinken ist. Auch Wasserkissen müssen nach Entleerung zuletzt zur Ruhe kommen. Die gewaltige Markuskirche zeigt freilich auch Schäden, braucht aber deshalb noch nicht, wie der folgende Alarmartikel der „Tagespost“ von Graz in Nr. 350 vom 18. Dezember 1904 meint, in Gefahr der Vernichtung zu schweben.

„Die Markuskirche in Einsturzgefahr. Wiederholt ist in den letzten zwei Jahren seit dem verhängnisvollen 14. Juli 1902 der Bauzustand der Markuskirche als ein schlechter bezeichnet worden. Es lag ja nahe, nach dem Zusammenbrechen des Markusturmes, nach dem Aufdecken schwerer Bauschäden im Dogenpalast, der sich an die Markuskirche lehnt, auch diese einer genaueren bautechnischen Untersuchung zu unterziehen. Das Ergebnis ist, wie bereits gemeldet, ein ungünstiges. Eine ungleichmässige Senkung der Grundmauern wurde festgestellt, durch welche die grosse Kuppel und zwei Wölbungen gefährdet erscheinen. Ferner wurde konstatiert, dass sich die Mauern in einem Zustande der Auflösung befinden, den Marmorgetäfel und Mosaiken nur maskieren.

Seit Jahren ist es bekannt, dass der Boden im Innern der Kirche uneben ist, dass die Mosaikfläche sich hebt und senkt, dass Risse entstehen. Diese Unruhe des Bodens wurde schon wiederholt so gedeutet, dass sie die Wirkung von Senkungen des Untergrundes sei. Eine Erklärung für diese Bodenschwankungen hat der deutsche Geologe Dr. Ochsenius geliefert: Venedig mit seinen 122 Inseln steht auf Mergelschichten über „Wasserkissen“. Diese sind abgeschlossene Wasseransammlungen, welche sich unter grossem Drucke in der Tiefe befinden und demnach eine grosse Gefahr für die Oberfläche bilden. So oft

man in Venedig Strassenbohrungen vornahm (in den Jahren 1846, 1849 und 1866), spritzte dieses Wasser bis zu vierzig Meter in die Höhe empor. Infolge der gewaltsamen Oeffnung von „Wasserkissen“ sanken einzelne Gebäude und Stadtteile um ein bis zwei Meter. Für die Geologen hat dieses Schwanken des Bodens von Venedig durchaus nichts auffallendes. „Bei einem solchen Lande“, schrieb Eduard Suess, „hat man Grund, zu staunen, dass sein Rücken durch so viele Jahrhunderte die grosse Belastung mit Gebäuden verhältnismässig ruhig getragen und dadurch gestattet hat, dass an dieser Stelle eine so glänzende Stätte menschlicher Kultur erblühte.“

Der Fall des Markusturmes hat die Venezianer und mit ihnen alle Kunstfreunde erschreckt. Glücklicherweise ist eine Katastrophe, wie sie den stolzen Turm getroffen hat, bei der gewaltigen Kirche ausgeschlossen. Der Kern ihrer Anlage aus dem zehnten Jahrhundert ist ein romanischer Backsteinbau, der zweihundert Jahre später so umgestaltet wurde, dass der Grundriss ein gleicharmiges Kreuz bildet. Das auf dem Markusplatz stehende Ende des Kreuzes ist mit einem Vorraume von kuppelbedeckten Hallen umsäumt. Der gewaltige Kern dieser Kirche ist, wie man zu sagen pflegt, für die Ewigkeit gebaut. Von hier aus droht keine Gefahr. Dagegen sind die Gewölbe, die Zubauten und auch die fünf Kuppeln bei Senkungen der Grundfesten in Gefahr, verschoben, zerrissen und gebrochen zu werden. Die Forderung der Ingenieure, dass sofort eine entsprechende Restaurierung durchgeführt werde, verdient die ernsteste Würdigung und die rascheste Ausführung, da durch Zuwarten grosses Unglück heraufbeschworen werden könnte. Kaiser Franz Josef hatte im Jahre 1856 den Befehl erlassen, dass alljährlich 21000 fl. zur Erhaltung der Markuskirche vom Staate beigesteuert werden sollten. Und am 24. Dezember 1861 wurde in der (restaurierten) Eingangshalle der Markuskirche ein Denkstein enthüllt, welcher zur Erinnerung an den kaiserlichen Befehl gesetzt wurde. Der Denkstein liegt an Ort und Stelle. Die Wichtigkeit des Befehles wurde aber im Drange der Ereignisse nicht genügend gewürdigt, und eine schwere Unglückswolke lagert nun über den historischen und kunsthistorischen Reliquien des Markusplatzes.“

Da man sich nicht nur in Italien sehr für den Wiederaufbau des Campanile interessierte und Mittel anbot, erlaubte ich mir, dem gräflichen Sindaco von Venedig den Vorschlag eines Versuches zu machen, den Untergrund durch Anwendung von irgend einer zweckentsprechenden Art von Zement — Portland- oder Magnesia-Zement, Beton, Gips, Wasserglas u. drgl. — von möglichst tief unten herauf künstlich zu verfestigen. Eine verbindliche Antwort mit Hinweis auf die mit der Angelegenheit betraute Kommission von Architekten erfolgte alsbald am 12. September 1903.

Anscheinend hat man diesen Weg eingeschlagen und vorher das erweiterte Fundamentierungsterrain mittels horizontaler Balkenlager gegen die Umgebung solide abgeschlossen, so dass die künstliche Steinmasse bis zu ihrer Verfestigung zusammenbleiben musste. Einer Zeitungsmeldung vom 24. Januar 1905 zufolge empfing an diesem Tage der Papst die technische Kommission für den Wiederaufbau des Markusturmes und sprach seine Befriedigung aus, dass nun alle Schwierigkeiten beseitigt seien. Gott gebe es!

II. Der tiefe Untergrund von Frankfurt a. Oder.

Wenden wir uns nun vom venetianischen mit Wasser-kissen versehenen Untergrund dem von Frankfurt a. O. zu, welchem ja bei Kunersdorf ein lokomobilefressender Ableger eines Wasser-kisses beschert war.

Ueber die geologische Beschaffenheit der Umgebung von Frankfurt a. O. gibt das betreffende Blatt Frankfurt, Lieferung 121 der Preussischen geologischen Landesanstalt, ausführlichen Aufschluss, aber nur über das, was vor Augen liegt und mit einigen Flachbohrungen bezw. Kohlen-schächten erreicht wurde. Die angetroffenen Schichten gehören dem Neozoicum an; es sind alluviale, diluviale und tertiäre Horizonte.

Ein Bohrloch bei der Ragöser Mühle erreichte an 123 m.

Mit den hie und da angetroffenen Braunkohlenflötzen ist vorerst nicht viel anzufangen, teils wegen des zu grossen Wasserandranges, teils wegen der zu grossen Konkurrenz günstiger situierter Kohlengruben nordwestlich von Frankfurt.

Ausserdem ist Bergbau in der Provinz Brandenburg und speziell im Regierungsbezirk Frankfurt a. O., wie H. Cramer (Beiträge zur Geschichte des Bergbaues in der Provinz Brandenburg, Heft 7, 1883) darlegt, nicht als bedeutend zu verzeichnen. Er hat die Tiefen noch nicht angefasst, obschon es vorteilhaft sein würde.

Durch einige Tiefbohrungen z. B. bei Sperenberg und Rüdersdorf unweit Berlin ist nämlich nachgewiesen, dass der norddeutsche Zechsteinbusen, der sich zu jener Zeit von der Wesergegend bis nach Hohensalza hin erstreckte, auch das Gelände um Frankfurt a. O. eingenommen hat.

Unter der Triasinsel bei Rüdersdorf unweit Berlin ist der obere Zechstein mit Kalisalzen erbohrt worden; bei Sperenberg, einige Meilen südlich von Berlin, liegen an 1184 m Zechsteinsalz unter zu Tage ausgehendem Gips; halbwegs zwischen Posen und Bromberg findet sich der Gipsbruch von Wapno mit einem Steinsalzlager; bei Hohensalza ist's ähnlich; dort sind sogar Kalisalze in etwas über 800 m Tiefe gefasst worden; und auch aus einem tiefen Bohrloch in der Nähe von Purmallen bei Memel sind Zechsteinpetrefakten aufgebracht worden. Warum sollte der obere Zechstein, der Bringer unserer kostbaren Edelsalze, um Frankfurt a. O. herum fehlen?

Da nun hier höchstwahrscheinlich erwähnt wird, dass zahlreiche Soolquellen ebenfalls auf die Salinität des Untergrundes in dem fraglichen Terrain hinweisen, muss ich von vornherein betonen, dass solche nichts direkt mit Steinsalzlagern zu tun haben. Eine Uebersicht findet sich in dem Keilhack'schen Literaturverzeichnis der geologischen Schriften und Karten über den ostelbischen Teil von Preussen (1893). Ich werde später darauf zurückkommen. Vorerst erlaube ich mir aus dem diesjährigen Jahresbericht der Gebr. Stern in Dortmund meinen Aufsatz: „Das Kali, seine Entstehung und seine Verwendung“, hier mit einigen Zusätzen zu reproduzieren, weil eine Umarbeitung nur in der Form, nicht in der Substanz, unwesentliche Verschiedenheiten zeigen würde.

Seit einem halben Jahrhundert hat der deutsche Bergbau das ganze norddeutsche Flachland mit kolossalem Erfolg unter seine Herrschaft genommen. Wenn da auch nur verhältnismässig wenige Kohlenflötze vorhanden, so

lag doch ein anderer, nahezu gleich wertvoller Schatz in der Tiefe, nämlich das Salz. Und das hatten wir fast so nötig wie das liebe Brot.

Der preussische Staat verbrauchte 1836 allein für Nahrungszwecke 222579900 Pfund Salz, d. h. 16,09 für den Kopf; 1838 243345870 Pfund, d. h. 16,88 für den Kopf; konnte mit seinen 19 Salinen (9 in der Provinz Sachsen, 2 in Pommern, 7 in Westfalen und 1 in der Rheinprovinz) nur 1438123 Zentner liefern, und musste daher das Defizit durch Ankauf englischen und österreichischen Salzes (meist von Wieliczka her) decken. 1843 betrug dieses Defizit 1170151 Zentner. Aehnliche Verhältnisse lagen in Mecklenburg, Hannover und Oldenburg vor. Die preussische Regierung musste deshalb darauf bedacht sein, die inländische Produktion zu vergrössern und besonders, sich von Oesterreich in der Salzangelegenheit unabhängig zu machen, weil in einem immerhin möglichen Kriegsfall der Salzangel in den an Oesterreich grenzenden Provinzen zu einer förmlichen Kalamität hätte auswachsen können. Da nun im Thüringer Becken mehrfach Steinsalzlager, z. B. bei Buffleben, Stotternheim und auch bei Artern (im Oktober 1837), nachgewiesen worden waren, setzte man 1839 in der Nähe der alten Saline Stassfurt zuerst einen Schacht an, der bis etwa 20 Meter abgeteuft wurde und von da an nach Erreichung festen Buntsandsteins als Bohrschacht diente. 1843 fasste man in 256 Metern allerdings Salz und blieb darin bis 325 Meter, ohne das Liegende zu erreichen. Aber die aus dem Steinsalzlager resultierende Sole erschien durchaus ungeeignet zum Sieden. Die alte Stassfurter aus 51 und 55 Meter Tiefe und dem Buntsandstein enthielt nämlich:

Chlornatrium (Kochsalz)	. . . . .	16,225
Calciumsulfat (Gips)	. . . . .	0,470
Magnesiumsulfat (Bittersalz)	. . . . .	0,206
Chlormagnesium (Bitteres Salz)	. . . . .	0,159
Kaliumsulfat	. . . . .	0,059
Sonstiges (Kalk, Eisen, Kiesel etc.)	. . . . .	0,031

17,16 in 100 Teilen.

Die Sole liess sich also ganz gut versieden, wogegen die Sole aus dem in der Nachbarschaft nur 53 Meter entfernten Bohrloche zuletzt enthielt:

Chlornatrium (Kochsalz) nur . . .	5,61
mit Magnesiumsulfat (Bittersalz) . .	4,01
Chlormagnesium	19,43
Chlorkalium (Digestivsalz)	2,24

29,29 in 100 Teilen.

Sie erschien also wegen des Vorwiegens der für die Versiedung so schädlichen bitteren Magnesiasalze und ihrer Armut an Kochsalz ganz ungeeignet für salinische Zwecke; doch waren im Bohrschlamme einzelne Stückchen reinen Steinsalzes beobachtet worden. Dennoch wollten die preussischen Salinisten die Sache aufgeben, als der Hallenser Professor Marchand erklärte, dass man sicherlich ein Lager reinen Steinsalzes erbohrt haben müsse, wie die einzelnen Stückchen erwiesen, und dass die störenden Bittersalze darüber liegen müssten, durch das Bohrspülwasser gelöst worden seien und als fast gesättigte Lösung eine Aufnahme von Chlornatrium in die Sole ausserordentlich erschwerten, so dass der geringe Gehalt derselben an Kochsalz leicht erklärlich sei. Versuche bestätigten Marchands Ansicht, und diese drang durch. Der preussische Fiskus entschloss sich zum Abteufen zweier Salzschächte, die am 4. Dezember 1851 und am 31. Januar 1852 angehauen und v. d. Heydt und v. Manteuffel getauft wurden. Nach 5 Jahren, im November 1856, wurde die erste Abbausohle in 334 Meter Tiefe im reinen Steinsalz angesetzt. Vorher hatte man natürlich die verschrienen Bittersalze erreicht. Diese zerflossen den Bergleuten quasi unter den Händen, und man musste sie abräumen, um zu dem Hauptobjekt, dem Steinsalze zu gelangen. Sie wurden als nutzlos an die Halde gestürzt und erhielten damit den Namen „Abraumsalze“.

Diese Bezeichnung besitzt zwar die Priorität, ist jedoch im Laufe der Zeit widersinnig geworden. Es sind Mutterlaugensalze, Kali- und Magnesiasalze, Edelsalze, die einen monopolistischen Reichtum des norddeutschen Flachlandes repräsentieren, der uns allein gehört und unermesslich ist.

Ueber den Werdegang derselben liegen jetzt so zahlreiche Aufschlüsse vor, dass ich nicht versäumen darf, sie im folgenden zur Kenntnis zu bringen. Aus einem noch Mitte des vorigen Jahrhunderts für recht salzarm angesehenen Lande sind wir durch Tiefenaufschlüsse zu

einem enorm reichen geworden. Diese hochwichtige Tatsache möchte ich nun näher erläutern. Ich folge dabei meiner früheren, inzwischen allgemein angenommenen Erklärung.

Wir können uns dabei an die heutige Zusammensetzung des Meerwassers halten, weil die marinen Petrefakten aus der ältesten Zeit darauf hindeuten, dass der Salzgehalt nicht bedeutend verschieden von dem der jetzigen Meere gewesen ist. Freilich war damals viel mehr Salz im Wasser gelöst als gegenwärtig; das ergibt sich aus den enormen Massen der Steinsalzflötze, die seitdem aus dem Ozean abgesetzt worden sind und heute im Festlande liegen, aber es war auch viel mehr flüssiges Wasser auf der Erdoberfläche vorhanden. Unsere archaischen Gesteine, welche mit plutonischen Eruptivmassen meist granitischer Natur die erste feste Erdrinde formieren, sind nämlich wasserfrei, haben aber das ganze erdige Material für die späteren Sedimentgesteine bei ihrer Zersetzung geliefert, und diese Sedimentgesteine haben ausserordentlich viel Wasser in Form von Hydraten gebunden. Neben den wasserhaltigen Silicaten, die hier besonders in Frage kommen, spielen die Tone eine sehr grosse Rolle; sie enthalten je nach Varietäten bis 43 pCt. Wasser; auch Gips hat 20,8 pCt. Hydratwasser. Die Einbusse der früheren Meere an Salz hat also mit der Verringerung des flüssigen Elementes anscheinend gleichen Schritt gehalten.

Ozeanwasser enthält nun im Durchschnitt 3,527 pCt. feste Bestandteile, und-zwar: Chlornatrium (Steinsalz, Kochsalz) 2,670 pCt., Calciumsulfat (Gips, Anhydrit) 0,165 pCt. einschliessl. 0,002 pCt. Kalk und Eisen. Weiter finden sich im Ozeanwasser 0,69024 pCt. leicht lösliche Bittersalze und 0,00176 pCt. andere Substanzen verschiedenster Art, denn von jedem chemisch bekannten Element existieren Verbindungen, die in Salzwasser löslich sind.*) Erwähnt sei hier von den letzteren nur Bor und Lithium.

Wir gelangen nun zur Beantwortung der Frage, wie die kolossalen, oft nahezu ganz reinen Steinsalzmassen,

*) Eine Tonne Ozeanwasser enthält z. B. 6 Milligramm Gold und 19 Milligramm Silber im Werte von 1,67 bzw. 0,15 Pfg. Man hegt bereits den Gedanken, Elektrolyse zur Niederschlagsarbeit dieser beiden Metalle aus sich stets erneuerndem Seewasser in norwegischen Fjorden zu verwenden.

die stellenweise über 1000 Meter stark sind, sich haben bilden können.

Alle unsere mächtigen Steinsalzlager der Erde (von welchen nur ein einziges mit bauwürdigen Edelsalzen vergesellschaftet ist) sind aus dem Ozean abgesetzt worden, und zwar in eigentümlich einfacher, aber bis vor zirka 30 Jahren unbekannter Weise.

Der Annahme, dass sie sich in flachen oder tiefen Strandlagunen gebildet hätten in derselben Art, wie wir es bei unseren Salzgärten z. B. am Mittelmeer noch täglich beobachten können, standen drei schwerwiegende Umstände entgegen, und zwar:

1. Der Mangel an tierischen Resten, besonders versteinerten Muscheln und Seesnecken. Solche müssten doch von rechtswegen sich darin finden, wie in allen andern marinen Absätzen. Diese werden gerade durch Petrefakten von Meerestieren, wie Conchylien, Korallen usw. als ozeanische, im Gegensatze zu limnischen (Süßwasser-) Schichten oder subaërisch (durch den Wind zusammengewehte) entstandene Ablagerungen gekennzeichnet. Hieraus geht die bisher unüberwindlich gebliebene Schwierigkeit hervor, aus einem Brocken Steinsalz dessen geologisches Alter zu bestimmen; keines führt einen Geburtsschein in Form von Versteinerungen mit sich, so dass das älteste (cambrische) nicht von dem jüngsten (diluvialen) zu unterscheiden ist. Nur die Versteinerungen der Umgebung liefern Aufschluss. Was wurde aus den Schalen, Skeletten und anderen Kalkgerüsten der Tiere, die das Meerwasser, aus dem ein Salzniederschlag irgendwie vor sich ging, bevölkerten?

2. fehlen allen mächtigen Steinsalzflötzen die mit im Ozeanwasser vertretenen leichtlöslichen Bittersalze (Edelsalze), die doch über dem schwerer löslichen Steinsalze (Chlornatrium) erstarrt sein und seine Decke abgeben müssten, wenn sich die Vorgänge so abgespielt hätten, wie unsere Strandlagunen und Salzgärten sehen lassen. Wo kamen diese Bittersalze hin?

3. Statt dieser leichtlöslichen Bittersalze finden wir bei jedem regelrecht formierten Steinsalzlager eine Decke des schwerstlöslichen Hauptbestandteiles des Ozeanwassers, nämlich eine Lage von wasserfreiem Calciumsulfat, von

Anhydrit, welche der Bergmann Anhydritthut nennt. Wie konnte sich die obenauf bilden und so bewirken, dass alle unsere mächtigen Steinsalzlager der Erde nur aus Gips (wasserhaltigem Calciumsulfat) als Basis, Steinsalz (Chlor-natrium) als mittlere (Haupt-) Masse und Anhydrit (wasser-freiem Calciumsulfat) als Endglied, als Decke bestehen?

Alle drei Rätsel lösen sich in folgender einfacher Form:

Ein Meerbusen wird durch eine horizontal verlaufende Mündungsbarre dergestalt vom Meere partiell abgeschnürt, dass in ihn vom Meere her nur so viel Salzwasser über die Barre einlaufen kann, wie die Busenoberfläche unter warmem, trockenem Klima bei Ausschluss von Süßwasser-zugängen zu verdunsten vermag. Dann treten nachstehende Vorgänge in dem Busen ein:

Das kontinuierlich ankommende Seewasser gibt seinen Wassergehalt an die Atmosphäre ab, lässt aber seinen Salz-gehalt natürlich im Busen, dessen Inhalt damit allmählig arg salzig wird, so salzig, dass die darin vorhandenen Organismen ihre damit unwirtlich gewordene Heimat über die Barre hinweg verlassen oder, wenn sie das nicht können, absterben und ihre Schalen usw. den Salzlaken zur mindestens teilweisen Korrosion und Auflösung überlassen müssen. Ihre meist unkenntlichen Reste werden am Grunde in den ersten Niederschlag von Gips mit etwas Kalk usw. eingebettet, im Salz selbst aber bleibt nichts davon. Hier-mit ist 1 beantwortet.

Im weiteren Verlaufe erfolgt der erste Niederschlag aus dem sich immer mehr konzentrierenden Seewasser-inhalt des Busens. Das sind, wie vorhin beziffert, 0,165 von den 3,527 Durchschnittsprozentsen fester Bestandteile des Ozeanwassers, und zwar vorwiegend Calciumsulfatteile. Die gehen zuerst nieder, und deshalb hat jedes Steinsalz-lager Gips (mit oder ohne Petrefaktenfragmente) als Unter-bett. Immer salzreicher wird die Lake in der Bucht, in der Salzpflanne, wie man sie nun nennen darf. Chlor-natrium, das mit 2,670 Prozentsen vertreten ist, folgt, sinkt als Steinsalz unter und nimmt alles mittlerweile vom Meere mit einkommende Calciumsulfat mit sich, daher ist jedes Steinsalz gipshaltig, mag es auch nur in Spuren so sein.

Die leichtlöslichen bitteren (Mutterlaugen-) Salze bleiben selbstverständlich in Lösung über dem Steinsalz stehen,

wachsen auf und erreichen mit ihren obersten Schichten zuletzt die Barrenhöhe.

Annehmbar sind sie in dem stillen Busen mit schwerfälligen Laken in nachstehender Reihenfolge und Quantität von unten nach oben vorhanden.

Magnesiumsulfat (Bittersalz)	0,19700 pCt.
Chlorkalium	0,12900 „
Chlormagnesium	0,32200 „
Brommagnesium	0,04200 „
Jodmagnesium oder -natrium	0,00024 „
	<hr/>
in ganzen	0,69024 pCt.,
wie oben angegeben. Dazu	
kommen	0,00176 „
anderer verschiedenartigster	
Verbindungen, von denen wir	
vorhin Bor und Lithium her-	
gehoben, also total	<hr/>
	0,69200 pCt.

Chlornatrium bleibt nachgewiesenermaassen allgegenwärtig in den Laken. Zuerst fließen schon ihrer spezifischen Schwere wegen also Jodlithium und Jodmagnesium über die Unterkante der Barre in den Ozean zurück, während oben darüber langsamer, aber ununterbrochen Seewasser einströmt.

(An den Ausfluss von Jodlithium und Gefährten wird sich eine entscheidende Periode für die Bildung unserer Edelsalze knüpfen. Behalten wir diesen Wendepunkt also für demnächst im Auge.) Mit dem Beginn des Ausfließens der Mutterlaugen über die Unterkante der Barre tritt der Salzbildungsprozess in seine Endphase. Von den salinischen Substanzen, die in dem zugehenden Ozeanwasser enthalten sind, schlagen sich zwar noch Calciumsulfat mit Chlornatrium nieder, aber das erstere wird beim Passieren der Mutterlaugenschichten von diesen seines Wassergehaltes beraubt und so als Anhydrit auf das in der Tiefe schon abgesetzte Steinsalz gelagert. Die Formation des Anhydrites ist eingeleitet, und dessen Aufwachsen von unten her drängt nach und nach alle Mutterlaugen aus der Salzpflanze über die Barre hinaus, deshalb haben unsere Salzlager keine leichtlöslichen Bittersalze. Diese finden sich

höchstens in geringfügigen Quantitäten darin. Damit ist 2 erklärt.

Das Spiel im Busen erlahmt und sein Endresultat ist ein Steinsalzkörper, der luft- und wasserdicht zwischen (liegendem) Gips und (hangendem) Anhydrit eingepackt ist. So findet auch 3, der Ersatz der leichtlöslichen Mutterlaugensalze durch das schwerstlösliche Calciumsulfat als Anhydrithut, seine Deutung.

Derartige Verhältnisse haben sich nun in allen Sedimentärperioden unserer Erdgeschichte vom Cambrium an bis heute wiederholt und sind noch unter unseren Augen in Tätigkeit an der Ostküste des Kaspischen Meeres. Sie dienen hiernach nicht als Bausteine für eine Theorie, sondern bilden eine einfache Erklärung von längst bekannten, aber erst vor kurzem als richtig erkannten Tatsachen.

Wir knüpfen jetzt an den oben erwähnten Wendepunkt an. Zur Zeit des oberen Zechsteins, also vielleicht vor 25 – 30 Millionen Jahren, war das heutige norddeutsche Flachland ein sehr tiefer Meerbusen, der Holstein, Mecklenburg, die Mark mit dem Magdeburg-Halberstädter Becken, einem Teile Thüringens (höchstwahrscheinlich als Nebenbucht), sowie den östlich der Wesergegend liegenden Hanoverschen Landen bis nach Memel hin umfasste. Dieser obere Zechstein ist in der germanisch-typischen Ausbildung ein deutsches Schisma; denn überall, wo er sonst auftritt, wie z. B. in England, Russland und Ostindien, ist er anders entwickelt. Bei uns birgt er innerhalb des besprochenen Busens kolossale Massen von Salz, die auf oben beschriebene Weise sich landeinwärts von einer Barre, die wahrscheinlich von der Nordsee (Helgoland) aus in die Gegend der jetzigen Porta-Westphalica verlief, niedergeschlagen haben. Die Ozeanwasser liefen über die nahezu bis an die Meereshöhe reichende Barre in den Busen, verdunsteten da und liessen ihren Salzgehalt darin. Eine Rückströmung der konzentrierten Laken konnte nicht Platz greifen, weil die Barre zu hoch war. Auf solche Weise sind alle unsere mächtigen Steinsalzflötze der Erde entstanden. Die Barre bewirkte dabei zuerst einen Niederschlag von Gips, dann einen solchen von Steinsalz und zuletzt die Rückkehr der gelöst bleibenden zerfliesslichen Mutterlaugensalze über die Unterkante der Barre in den Ozean. Bei dieser letzten

Phase bildet sich dann über Steinsalz der sogenannte Anhydrit, der im Verein mit Salzton das entstandene Salzflötz wasserdicht gegen seine Umgebung abschliesst. Das ist bei allen mächtigen Steinsalzlagerstätten der Erde — und wir kennen sie so ziemlich alle — konstatiert. Dieser ganze norddeutsche Zechsteinsalzbereich, der unsere Kali- und Magnesiasalze als höchst wertvolle Zugabe zu dem Steinsalzkoloss in seinem Untergrunde birgt, stellt also auch eine Tiefseebildung vor. Bei Sperenberg liegen an 1270 Meter Steinsalz, bei Unseburg an 900 Meter und bei Celle über 1470 Meter. Hieraus folgt, dass nicht mehr von einzelnen Kalisalzmulden und dergleichen die Rede sein kann.*)

Von der Regel, dass ein leibhaftiges Steinsalzflötz Gips als Unterlage (liegendes), Salz als Hauptglied und Anhydrit als Decke (hängendes), als Anhydrit ohne nennenswerte Zugabe an leicht löslichen Mutterlaugensalzen haben darf, existiert nun, wie sich im Laufe der Jahre herausgestellt hat, bloß eine einzige nutzbar zu machende Ausnahme, und zwar bei uns.

Der ganze eben bezeichnete Bereich (mit Thüringen als kleine Nebenbucht) hat die edlen Kalisalze als Niederschlagsprodukt ausnahmsweise erhalten, und zwar unter besonderen Umständen.

*) Einen Begriff von dem enormen Reichtum an Steinsalz unter unserem Flachlande mögen folgende 1000 und mehr Meter Tiefe erreichte Bohrresultate, worunter nur drei fiskalische, geben:

Prinz Adalbert bei Oldau . .	1613 m (1472 in Salz),	
Salzdetfurt bei Sodenberg . .	1410 m (930 in Salz,	nicht durchbohrt),
Mansfeld beim salzigen See . .	1383 m	
Fiskus bei Unseburg	1290 m	
Germania bei Altenhagen . . .	1286 m (Salz nicht durchbohrt)	
Fiskus bei Sperenberg	1273 m (1184 in Salz),	
Heiligendorf bei Heiligendorf	1227 m (Salz nicht durchbohrt),	
Jessenitz bei Probst Jesar . . .	1207 m .	do.
Hannoversche Kaliwerke bei Odesse	1181 m	do.
Hermann II bei Dahlum	1168 m	do.
Hildesia bei Sonnenberg	1163 m	do.
Hohenfels bei Wehmingen	1153 m	do.

Die obersten Schichten der Laken, die über dem Absatze des grössten Theils von Chlornatrium stehen blieben, waren aus den leichtest löslichen Salzen gebildet, nämlich aus Jodiden (von Natrium, Lithium, Calcium und Magnesium), ferner aus Bromiden (derselben Basen und auch wohl Kalium) im Verein mit Chlormagnesium. Diese Horizonte waren die ersten, welche über die Barre ins Meer abfliessen mussten, nachdem der Mutterlaugenspiegel die Unterkante der Barre erreicht hatte. Die Jodverbindungen wurden vollständig abgestossen — deshalb gibt es weder Jod noch Lithium in unseren Kalibetten —, die Bromide blieben nur restweise zurück —, deshalb findet sich verhältnismässig blos sehr wenig Bromkalium in unserem Bromkarnallit —, wogegen Chlormagnesium zum Theil mit seinen Genossen im Abzuge vereint blieb — deshalb ergibt sich bei ihm ein Manko —, da schloss sich die Barre durch Versandung vom Ozean her. Nach Entfernung der rebellisch-hygroscopischen Salze brachten Sonne und Winde die Laken zur Erstarrung und brachten nachher auch eine Bedeckung durch Staubmaterial, das sich in Salzton verwandelte, fertig, welche die festgewordenen Salze mechanisch vor Umbilden und chemisch vor Wiederauflösung durch angezogene Feuchtigkeit schützte. Dennoch wäre meines Erachtens die Tondecke nicht hinreichend gewesen, um auf die Dauer ihren Zweck zu erfüllen, da zerstörte der Ozean seinen eigenen, vorher von ihm bewirkten Sandverschluss auf der Barre wieder und brach in die Senke, die im Grunde die

Hannoversche Kaliwerke bei Abbensen	1138 m	(Salz nicht durchbohrt),
Fiskus bei Winzenberg	1131 m	do.
Grossherzogin Sophie bei Lüthorst	1103 m	do.
Teutonia bei Schreyhan	1100 m	do.
Siegfried I bei Volksen	1060 m	do.
Kniestedt bei Salzgitter	1050 m	do.
Schierenberg bei Dröhnenberg	1037 m	do.
Wilhelmshall Oelsburg bei Ilseder Hütte	1011 m	do.
Justenberg bei Gehrden	1009 m	do.
Inowrazlaw bei Ostfeld	1003 m	do.
Viktoria bei Calefeld	1001 m	do.
Hohenzollern bei Sorsum	1000 m	do.
Hohenzollern bei Freden	1000 m	do.

Salze unter Ton barg, von neuem ein, nahm sein von ihm zeitweise verlassenes Gebiet nochmals vollständig in Besitz und setzte nun darin ein Steinsalzlager ungestört durch Unterbrechungen ab, d. h. ohne Edelsalze, aber mit Gipsunterlage und Anhydrithut mit Salzton.

Von Wichtigkeit ist die Gegenwart der zerfliesslichen Magnesiasalze im Meerwasser. Kämen nur Chlornatrium und Calciumsulfat in Frage, so würde die Füllung der Salzpflanne nichts als gipshaltiges Steinsalz aufweisen, aber keinen ausgeprägten, tonigen, wasserdichten Anhydrithut, dessen Bildung durch die flüssigbleibenden Mutterlaugenschichten bewirkt wird. Unsere Steinsalzlager würden dann von den zirkulierenden Gewässern ihrer Umgebung leichter angegriffen werden. Allerdings halten sich nackte, aufragende Salzfelser in regenarmen Klimaten ganz tapfer, z. B. in Siebenbürgen, Spanien, in den Anden u. s. w., aber konstant sie benagenden unterirdischen Bergwassern gegenüber würden sie viel weniger widerstandsfähig sein.

Den zerfliesslichen, im letzten Prozessstadium submarin über die Barre abfliessenden Bittersalzen ist also nicht nur die Rolle eines Störenfrieds, welche sie bei der Verarbeitung der Salze in unseren Chlorkaliumfabriken einnehmen, zugewiesen worden, sondern vielmehr die einer unentbehrlichen Zugabe.

Das erwähnte jüngere Steinsalzflötz hat den Kalibetten als ausgezeichneter Schutz gegen Eingriffe von oben gedient. Der Mangel eines solchen ist höchstwahrscheinlich der Grund, warum bei Kalusz in Galizien schwach vertretene Kalisalze nicht abbauwürdig geblieben sind.

Auf die Zechsteinperiode mit unseren Salzen folgte nämlich die der Trias, d. h. der Buntsandstein mit zwei Gefährten. Derselbe ist eine Wüstenformation, wie sie noch heute in allen Varianten in der grossen aralokaspischen Niederung auftritt, und hat mit seinen Sandstürmen das jüngere Steinsalz zerblasen, zerfeilt und zerfressen, d. h. nur da, wo es jetzt über unseren Kalibetten fehlt. Da nun dieses jüngere, regelrecht gebildete Salzflötz nichts hatte als Calciumsulfat (Gips und Anhydrit) mit Salz, erklärt es sich, warum die Solen aus dem unteren Buntsandstein im Gegensatz zu den meisten natür-

lichen Solquellen keine Repräsentanten von Kali- und Magnesiasalzen haben.

Das war eine trockene, von oben kommende Störung; an eine solche ebendaher aber wässerige in grossem Maassstabe glaube ich nicht. Es handelt sich dabei nämlich um die Fragen: 1. Woher kam das Wasser? Aus den Wolken bezw. von den Busenrändern. Mag das so fein, obschon Sand- und Salzwüsten sehr regenarm zu sein pflügen. 2. Wo lief es hin? In die nächsten Vertiefungen. 3. Was geschah damit? Es löste die Salze auf und führte sie 4. Wohin? Etwa in die Tiefe; dann war es nur eine Umlagerung, denn eine unterirdische Kommunikation mit dem Meere bestand nicht, weil dessen Niveau höher lag als das des Senkeninnern, die Gewässer also von aussen und unten eingedrungen wären und die Salze wieder an sich genommen hätten. In die Luft konnten diese dem verdunsteten Wasser auch nicht folgen, sie blieben also in ihrer Lägerstätte, wenn auch verändert, umkristallisiert, oder wo anders in der Nachbarschaft abgesetzt. Dagegen sind tektonische Störungen von unten überall im Bereiche des norddeutschen Zechsteinbusens herrschend. Kein einziges Bruchstück des ursprünglich gleichmässig ausgebreiteten Kalitischtes ist in horizontaler Position geblieben. Ganz besonders scheinen die Gegenden vom Harze bis zum Rheine stark dislociert worden zu sein. In ausschweifendsten Verschiebungen, Verwerfungen und Faltungen haben sich unsere Kalibetten ergangen; einzelne Teile sind sattelförmig bis 150 Meter hoch unter die heutige Kulturdecke gehoben, andere über 1200 Meter tief hinabgepresst worden, ganz abgesehen von einigen anderen Tücken der schaffenden Natur, die durch titanische Kräfte natürlich Sättel, Mulden und Spalten da unten hervorgebracht hat. So traf die Kaliunternehmung Friedrichshall bei Sehnde unweit Hildesheim in einer Bohrung das Kali schon bei 155 Meter, nachdem bei 31,5 Meter Gips erfasst war; ein anderes Bohrloch derselben Gesellschaft ergab Kalisalze bei 206 bis 225 Meter und bei 432 bis 437 Meter.

In der Nähe von Ehmén unweit Fallersleben war es ähnlich. Da traf man Kali unter einem schwachen Buntsandstein von 3 Meter und Salzton zuerst bei 161 Meter, wogegen eine Lüchower Bohrung mit 375 Meter unter der

Kreide in das Kali geriet, während Heiligendorf nur etwa 9 Kilometer südlich von Fallersleben Kali erst in 1205 Meter anbohrte.

Ich kann die Situation nur vergleichen mit dem Gebirge von polaren Eisschollen auf bewegtem Wasser, die einerseits alle möglichen Stellungen eingenommen haben, andererseits Lücken zwischen sich präsentieren.

Die Kalibetten der Hercynia bei Vienenburg zum Beispiel stehen auf dem Kopf; eine Strecke ist, wie berichtet wurde, direkt und staubtrocken aus dem Carnallit in den Muschelkalk, der noch über dem Buntsandstein liegt, geraten, hat also eine total ausgeheilte, sehr tiefe Spalte durchfahren. Lücken zwischen dem einzelnen Kalivorkommen sind recht häufig; breite Klüfte streichen oft kilometerbreit weithin. Ueberschiebungen sind selten.

Hervorzuheben ist, dass in Wirklichkeit nur ein einziges Hauptkalilager existiert, mögen auch zwischengelagerte Steinsalzbänke oder Anhydritstreifen noch so mächtig vertreten sein und mögen in ein und demselben Bohrloche auch verschiedene Ausläufer, Ramifikationen und Schwänze, die erst nachträglich infolge von Dislokationen entstanden sind, durchteuft werden.

Die Tiefbohrresultate, die in reichlichster Anzahl in den letzten Dezennien in dem norddeutschen Flachlande gewonnen worden sind, haben gezeigt, dass unsere Kalisalze, nachdem sie einmal abgelagert waren, sich eigentlich um die Sedimente, die sich auf das sogenannte jüngere Steinsalz legten, nicht zu kümmern brauchten. Alle postpermischen Systeme und Horizonte liefern keinen Anhaltspunkt für die Tiefe, in der unsere Kalibetten sich befinden. Deren ursprüngliche Heimat ist bei 6–800 Meter Teufe zu suchen, aber fast immer modifiziert worden. Es können alle Schichten darüber vertreten sein, aber auch alle fehlen. Zutage stehender Zechsteingips zum Beispiel hat keine Bedeckung, bei Hildesheim dagegen sind fast alle späteren Schichten über dem Hauptkalilager repräsentiert, das jedoch deshalb nicht tiefer liegt. Aber dieses Hauptkalilager erstreckt sich von der Wesergegend bis nach Hohenalza (Inowrazlaw) und vielleicht noch weiter hin. Wir Deutschen sind der alleinige Besitzer abbauwürdiger Kalilager, welche einen spe-

zifischen Nationalschatz repräsentieren, mit dem wir durchaus nicht sparsam umzugehen brauchen. Hier heisst es im Gegenteil: die günstigen Chancen des Welt Handels ausnutzen, ehe es zu spät wird, d. h. ehe die Chemie Kali billiger aus der Hauptquelle, den Feldspäten, liefert.

So, nun haben wir sicherlich genug Kaligeologie. Jetzt zur Nutzenanwendung unseres Schatzes.

Man legte auf die Verwertung der sogenannten Ab-raumsalze gar kein Gewicht und beschränkte sich anfangs auf die Versiedung des gewonnenen Steinsalzes, bis 1861 die fabrikatorische Verarbeitung der Kaliohsalze auf Chlor-kalium und Kaliumsulfat durch Frank und Grüneberg eingeführt wurde. Man erkannte nach und nach den hohen Wert der Salze; 1862 verarbeiteten vier Strassburger Fabriken 20400 Tonnen, und jetzt ist Kali in breitester Front nicht nur in die gesamte chemische Industrie eingetreten, sondern auch unentbehrlich für die gesteigerte landwirtschaftliche Produktion geworden.

Doch davon später.

Ueber dem kolossalen Steinsalzmassiv liegt stellenweise eine Region von Polyhalit, das ist ein Sulfat von Kalk, Kali und Magnesia, eingebettet in Steinsalz. Darauf folgt die Kieseritregion, welche neben zwei Dritteln Steinsalz etwa 17 Prozent Kieserit und 13 Prozent Carnallit enthält. Als letztes technisch wichtiges Glied erscheint die an 40 Meter mächtige Carnallitregion mit rund 55 Prozent Carnallit im Gemenge mit Steinsalz und Kieserit.

Mit dieser haben wir uns vorzugsweise zu beschäftigen, denn sie ist die Hauptheimat des Lieferanten des wichtigsten Kalipräparates, d. h. des Chlorkaliums. Carnallit enthält von diesem 26,76 Prozent.

Dem Carnallit zur Seite tritt der Sylvinit. Er ist reines Chlorkalium, kommt aber nur nesterweise in der Carnallitregion vor. Sylvinit ist ein Gemisch von Chlorkalium und Chlornatrium (Steinsalz); Hartsalz enthält ausser diesen beiden noch Magnesiumsulfat (Bittersalz).

Wichtig ist zudem noch der Kainit, der 30,24 Prozent Chlorkalium neben 48,11 Prozent Magnesiumsulfat einschliesst. Derselbe ist nicht zerfliesslich, bildet für sich

fertige Handelsware und hervorragendes Düngesalz. Er tritt aber lokal viel beschränkter auf als das Hauptsalz, der Carnallit. Von nebensächlicher Bedeutung sind Tachhydrit und Douglasit. Unsere deutschen Edelsalze liefern heutzutage fast ausschliesslich die Basis für die sämtlichen, zu den verschiedensten Zwecken des jetzigen Kulturlebens benutzten Kaliumverbindungen. Kalium ist durch das nah verwandte, viel billigere Natrium garnicht zu ersetzen; es sichert uns hoffentlich für alle Zeiten die Suprematie in dem chemischen Zweige des Welthandels.

Man gebraucht z. B.:

- Aetzkali bei Bleicherei, Färberei, Seifensiederei, Chirurgie;
- Arsensaures Kalium bei Zeugdruckerei;
- Blausaures Kalium bei Färberei, Berliner und Pariser Blau, Zeugdruckerei, Stahlhärten;
- Bromkalium bei Photographie, Anilinfarben, Medizin;
- Chlorkalium bei Salpeter, Alaun, Kältemischungen, Medizin;
- Chlorsaures Kalium bei Feuerwerk, Zündwaren (Streichhölzer), Anilinfarben, Farbentechnik;
- Chromsaures Kalium bei Anilinfarben, Elektrizität, Färberei, Chromleim, Desinfektion, Porzellanmalerei, Pharmazie;
- Cyankalium bei Galvanoplastik, Photographie, Goldextraktion;
- Jodkalium bei Anilinfarben, Medizin, Photographie;
- Kieselsaures Kalium bei Malerei (Stereochromie), Klebmitteln, Wäscherei, Töpferei, Zeugdruck, Wasserglas, künstlichen Steinen, Unverbrennlichkeitsmitteln;
- Kohlensaures Kalium bei Seifensiederei, Bleicherei, Färberei, Glas;
- Mangansaures Kalium bei Färberei, Holzbeize, Desinfektion, Bleicherei;
- Salpetersaures Kalium bei Spreng- und Flussmitteln, Schiesspulver, Nitraten für Technik und Medizin, Konservieren und Einpökeln von Fleisch;
- Schwefelsaures Kalium bei Alaun, Glas, Pottasche, Aetzkali.

Von Magnesiumsalzen, die aus der Carnallitregion mit gewonnen werden müssen, ist zu erwähnen der Kieserit (Magnesiumsulfat).

Er dient zur Herstellung von Bittersalz und Baryt, Glaubersalz zu mannigfachen chemischen Operationen. Aus ihm wird auch ein weisses Farbmaterial, das Magnesia-weiss, hergestellt. In der Form von Kalimagnesia hat er eine ökonomische Bedeutung für die Düngung von chlor-empfindlichen Kulturpflanzen, wie Tabak, Wein usw. Der Bischofit (Chlormagnesium) liefert Salzsäure im grossen, findet Anwendung in der Baumwollspinnerei; Chlormagnesiumlauge wird, weil sie eine schwer gefrierbare Flüssigkeit ist, bei Gefrierverfahren im Bergbau, bei Eismaschinen und dergleichen gebraucht, auch als Spülwasser beim Bohren auf Steinsalz und Kalisalze, weil eine konzentrierte Chlormagnesiumlauge keine weiteren Salze auflöst, die Bohrkerne also unversehrt lässt. Eine weitere wichtig gewordene Verwendung von Chlormagnesium ist die zur Bildung von Zement. Gebrannter Magnesit erhärtet nämlich mit Chlormagnesiumlauge zu einer sehr festen porzellanartigen Masse auch in gesättigter Salzlauge, dient also zum Abdichten unter Verhältnissen, welche die Anwendung von anderen Zementsorten untunlich machen; Magnesia-zement verkittet sogar Carnallitbrocken dauerhaft.

Aus den Salzregionen mögen noch Erwähnung finden die mineralogisch interessanten, technisch aber wenig wertvollen: Schoenit, Krugit, Langbeinit, Leonit, Vanthoffit, Astrakanit, Glauberit, Glaserit. In der Carnallitregion kommen noch vor Borate, von denen der Boracit (Stassfurtit) zugute gemacht wird. Andere, wie Ascharit, Hydroboracit, Kaliborit, Pinnoit, Sulfoborit gehören zu den Seltenheiten.

Brom kommt als Bromcarnallit (Bromkalium mit Brommagnesium) vor und wird gewonnen.

Für Rubidium sind die Kalisalze die einzige ergiebige Quelle. Der natürliche Carnallit enthält etwa 0,025 Prozent Rubidium, das bisher aber nur in der Medizin verwendet wird.

Nun haben Säuren und Alkalien, also Stoffe, die heutzutage vorzugsweise aus Kalisalzen und deren Nebenprodukten gewonnen werden, seit jeher im Mittelpunkt

der chemischen Grossindustrie Deutschlands gestanden und unsere Kaliindustrie ist seit fünfzig Jahren deren Pionier geworden. Mit ihr hängen eng zusammen die Fabrikation von Soda und Pottasche, die Industrien der Farben und Textilprodukte, der chemischen und pharmazeutischen Präparate, der Metallurgie und Metallverarbeitung, der Erzeugung von Glas, Schiesspulver und anderer Sprengstoffe, kurz, fast alles, was in unseren chemischen Fabriken verwendet und hergestellt wird.

Wir produzierten in Deutschland an Kalisalzen:

1861	2400 t	im Werte von	42000,— Mk.
1871	375300 t	- - -	5645000,— Mk.
1881	905900 t	- - -	9373000,— Mk.
1891	1371300 t	- - -	17893000,— Mk.
1901	3534900 t	- - -	43424000,— Mk.

Das Ausland zahlt uns gegenwärtig nahezu 50 Millionen Mark jährlich für exportierte Kalisalze beziehungsweise Fabrikate.

Enorm wichtig ist das Kali für die Landwirtschaft geworden; es erhält und erhöht die Fruchtbarkeit des Bodens im Verein mit den beiden andern Hauptrequisiten Stickstoff und Phosphorsäure.

Man hat berechnet, dass der deutsche Boden noch siebenmal soviel Dungsalze gebrauchen kann, als heute verwendet werden. Die folgenden Zahlen geben einen Aufschluss über die Steigerung.

Es wurden verwendet als Dungsalz in Deutschland in Tonnen:

1892	51282;	1893	60256;
1894	64103;	1895	58974;
1896	75000;	1897	96153;
1898	107692;	1899	116667;
1900	117948;	1901	137174;
1902	140000;	1903	150000.

Innerhalb 12 Jahren hat sich der Verbrauch nun verdreifacht. Und nun die Resultate?

Nach offiziellen Daten aus Preussen, dem ja der grösste Teil von Norddeutschland gehört, werden verzeichnet als Ertrag für einen Hektar in Kilogrammen:

Jahr	Winterweizen	Sommerweizen	Winterroggen	Sommerroggen	Sommergerste	Hafer	Klee u. Luzerne	Wiesenheu
1893 . . .	1820	1477	1438	872	1517	1067	2249	2275
1894 . . .	1694	1649	1325	950	1314	1678	3486	3435
1895 . . .	1769	1564	1302	854	1743	1552	4362	3455
1896 . . .	1909	1613	1403	860	1696	1446	3715	3241
1897 . . .	1829	1560	1342	821	1614	1378	4869	3799
1898 . . .	1932	1718	1480	906	1831	1652	4943	3755
1899 . . .	1997	1800	1451	957	1867	1724	4235	3497
1900 . . .	1983	1884	1407	948	1855	1712	3255	3379
1901 . . .	1554	1913	1337	909	1838	1611	3255	3192
1902 . . .	2180	1936	1520	989	1905	1801	4886	3883
1903 . . .	2022	2304	1607	1023	1988	1837	5250	4056

Diese Zahlen sind sehr berechtigt und bedürfen keines Kommentars. Unsere Montanindustrie ist ein Segen für die Landwirtschaft. —

Aus dem Vorgetragenen ist ersichtlich, dass eine Unternehmung in der Nähe von Frankfurt a. O., welche durch eine Tiefbohrung auf Kali schürft, keineswegs für chancenarm zu erklären ist. Ich glaube nicht, dass die Südgrenze des norddeutschen Zechsteinbusens nördlich von Frankfurt a. O. zu suchen ist; ein Blick auf die Karte genügt dazu. Eine Tiefbohrung bis 800 Meter wird heutzutage nicht viel mehr als 60000 Mk. kosten, und Kaliwerke im Osten von Preussen würden sicher rentieren.

Gerät wirklich der Bohrer in eine Spalte zwischen zwei Kalifeldern, so kann er das ältere Steinsalz nicht missen, beschafft Aufschluss über die Lagerungsverhältnisse für künftige Unternehmen, die nicht fehlen werden, und stellt im günstigen Falle, wenn er das Kalitisch Tuch selbst fasst, einen Reichtum in sichere Aussicht.

Kaliüberproduktion ist schon seit 30 Jahren als gefährdend hingestellt worden, aber noch nicht eingetreten und wird es auch nicht; alle jungen Kaliwerke werden dem Syndikat angegliedert, ohne dass eines der älteren Werke weniger Kali produzieren müsste. Im Gegenteil,

der Konsum steigert sich rascher als die Zunahme neuer Werke.

Es sollte mich freuen, wenn früher oder später eine glückliche Kalibohrung bei Frankfurt a. O. das Ergebnis eines Vergleichs zwischen dem flachen Untergrunde von Venedig und dem tiefen Untergrunde von Frankfurt sein würde.

Was die salinischen Mineralquellen, nicht blos in Ostelbien, betrifft, so muss ich bemerken, dass schon von Dechen vor 30 Jahren betonte, dass sie unmöglich von ausgelaugten Steinsalzflötzen direkt abstammen könnten, weil ihre fast ständigen Begleitsalze, nämlich Kali- und Magnesiaverbindungen, in den Steinsalzlageren nicht vorkämen.

Ich habe dann etwas später die Ursache aufgefunden. Bei einer regulären Steinsalzbildung wird der Anhydrithut in den seltensten Fällen die Salzbucht ganz ausfüllen. Es bleiben oben in der unregelmässigen Oberfläche im Anhydrit und Salzton Vertiefungen zurück, und in diesen stagnieren relativ geringe, absolut jedoch beträchtliche Mengen von Mutterlaugenresten. Diese laufen nach der Hebung des fertigen Salzflötzes früher oder später in tiefere Horizonte des umgebenden Geländes ab, tränken dieselben ein und liefern so das Material für unsere natürlichen Solen und salinischen Mineralquellen. Sie enthalten ausser den erwähnten Kali- und Magnesiasalzen noch Bor, Jod, Brom und Lithium, wenn auch nicht die vier letztgenannten Substanzen alle gleichzeitig; das ist quasi ihr Steckbrief. Als Ausnahmen sind nur die Solen zu betrachten, die bei uns aus dem unteren Buntsandstein kommen und das dem oberen Zechstein abgestohlene, trocken erodierte Chlornatrium (Steinsalz) und Calciumsulfat (Gips oder Anhydrit) als salinisches Material enthalten. Diese fanden nichts weiter, sind also auch kali- und magnesiafrei, ohne Bor u. s. w. geblieben.

Die berührte Ansicht hat übrigens schon Kant ausgesprochen. Die Mutterlaugenreste entfernen sich in vielen Fällen so weit von ihrer Geburtsstätte, dem leibhaftigen Steinsalzflötz, dass eine gedachte Verbindung nicht mehr auffindbar ist. So geht es z. B. den Solen aus der westfälischen Kreide, denen aus dem Oligocän des Admirali-tätsgartens von Berlin u. a.

Am allerwenigsten würden Solen auf Kalibetten im Untergrund hinweisen, denn diese enthalten, wie vorhin auseinandergesetzt, weder Jod noch Lithium, und ausserdem würden die Solen, wenn sie aus Kalischichten kämen, beweisen, dass diese von Gebirgswässern angegriffen, das heisst ihrer Zerfliesslichkeit wegen vernichtet worden sind.

Also: die Solquellen in Ostelbien sprechen weder für noch gegen die Existenz von Kalibetten in der Tiefe; q. e. d.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Helios - Abhandlungen und Mitteilungen aus dem Gesamtgebiete der Naturwissenschaften](#)

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: [22](#)

Autor(en)/Author(s): Ochsenius Carl Christian

Artikel/Article: [Untergrund-Studien. 36-66](#)