

Die physikalisch-chemischen Vorgänge bei der Entstehung der deutschen Kalisalzlager.

Von Dr.-Ing. ERNST FULDA, Bergrat an der Preußischen Geologischen Landesanstalt in Berlin.

(Eingeg. 23. Febr. 1926.)

Die klassischen Untersuchungen von 't Hoff's¹⁾ über die „Bildung ozeanischer Salzablagerungen“ sind vom chemisch-theoretischen Standpunkt aus die wichtigste Grundlage für die Erkenntnis der Entstehungsbedingungen für Kalisalze. Daneben ist eine eingehende Untersuchung der natürlichen Kalisalze selbst erforderlich, damit eine Erklärung ihrer Bildung unter Anwendung der von van 't Hoff erforschten Gesetze ermöglicht werden kann. Van 't Hoff selbst hat sich mit dieser zweiten Aufgabe nicht befaßt, sondern ihre Lösung der geologischen Wissenschaft überlassen.

Die Kalisalzlagerstätten enthalten in der Hauptsache die Chloride und Sulfate des Magnesiums, Kaliums, Natriums und Calciums. Auf die Lösungen aller dieser Salze hat deshalb van 't Hoff seine Untersuchungen ausgedehnt und die Grenzen ihrer Bildungstemperaturen festgestellt. Die in den Kalilagern vorkommenden Chloride:

Steinsalz NaCl	Carnallit $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$
Sylvin KCl	Bischoffit $\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$

können sich theoretisch bei beliebiger Temperatur bilden innerhalb der Grenzen, die überhaupt in Frage kommen können. Ihr Auftreten bietet deshalb ohne weiteres keine Möglichkeit, auf ihre Bildungstemperatur und damit auf das Klima der Zechsteinzeit, der die Kalivorkommen angehören, Rückschlüsse zu machen.

Viel mannigfaltiger ist dagegen die chemische Zusammensetzung der Sulfate, die quantitativ gegenüber den Chloriden derart zurücktreten, daß sie an dem Aufbau der Salzgesteine nur mit 4–25% beteiligt sind. Wenn man von den Salzen absieht, die in geologisch junger Zeit durch Berührung mit Wasser an tektonisch exponierten Stellen durch nachträgliche Umwandlung entstanden sind (posthume oder Hutsalze), findet man folgende Sulfate in den Kalilagern:

Anhydrit CaSO_4
 Polyhalit $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 2 \text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
 Glauberit $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$
 Kieserit $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
 Vanthoffit $\text{MgSO}_4 \cdot 3 \text{Na}_2\text{SO}_4$
 Loewit $2 \text{MgSO}_4 \cdot 2 \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$
 Langbeinit $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2 \text{MgSO}_4$

Bemerkenswert ist, daß Sulfate, wie Kainit (bis 83° bildungsfähig) und Astrakainit (bis 59° bildungsfähig) fehlen, ferner, daß die Paragenese Sylvin-Kieserit (erst oberhalb 72° bildungsfähig) sehr häufig vorkommt.

Der aufgefundene Mineralbestand zwingt zu dem Schluß, daß die Kalisalze bei sehr hohen Temperaturen — wahrscheinlich bei mehr als 83° — entstanden sein müssen, da einerseits alle bei niedrigeren Temperaturen bildungsfähigen Sulfate fehlen, andererseits die tatsächlich vorkommenden Sulfate alle bei Temperaturen über 83° entstehen können. Das Mineral Loewit zersetzt sich bei 110°. Diese Temperatur wurde also bei der Bildung der Salze nicht überschritten.

Die hohe Bildungstemperatur war für die geologische Entstehungsfrage zunächst unfafbar. Es wurde sogar die Ansicht geäußert, die Natur habe vielleicht andere Wege

gekannt, als die chemische Wissenschaft bisher gefunden habe. Damit war man unter Verkennung der Leistungen eines van 't Hoff der ganzen Frage aus dem Wege gegangen.

Ein anderer Ausweg wurde von Arrhenius²⁾ und Lachmann³⁾ gefunden. Diese Forscher nehmen an, daß die Kalisalze ursprünglich bei ziemlich niedriger Temperatur (10°) entstanden seien. Später seien über den Zechsteinsalzen die Schichten der Trias, des Jura, der Kreide und des Tertiärs abgelagert worden, während die Salze selbst durch Senkungsvorgänge in eine größere Erdtiefe geraten seien. Nach Temperaturmessungen in Bohrlöchern nimmt die Erdtemperatur im allgemeinen auf 100 m Tiefe um 3° zu. Die Kalisalze seien deshalb in Tiefen von mehreren 1000 Metern einer Erdheizung ausgesetzt worden, bei der Temperaturen entstanden seien, die eine Umwandlung der ursprünglich vorhandenen zu den nur bei hoher Temperatur bildungsfähigen Mineralien verursacht hätten.

Diese Theorie der Geothermomorphose ist von Jaenecke⁴⁾ unter Anwendung der van 't Hoff'schen Forschungsergebnisse bis in alle Einzelheiten ausgearbeitet worden. Dabei haben sich eine Reihe von Unstimmigkeiten gegenüber den Erscheinungen in der geologischen Natur ergeben, auf die der Verfasser bereits an anderer Stelle hingewiesen hat⁵⁾: Eine Überlagerung durch 3500 m jüngerer Gebirge, die Jaenecke zur Erklärung der Umwandlungsvorgänge annehmen muß, hat nach dem geologischen Befund in einem großen Teil des Verbreitungsgebietes der Kalisalze nicht stattgefunden. Ferner zeigen die ausgezeichnet geschichteten Sylvingesteine eine Struktur, die auf primäre Entstehung hindeutet und bei einer geothermischen Umwandlung unter Abspaltung von Kristallwasser hätte verwischt werden müssen. Die Erdheizungstheorie läßt sich deshalb nicht mehr aufrechterhalten, da sie mit den Erscheinungen in der Natur im Widerspruch steht.

Für die Temperaturfrage mußte eine andere Lösung gefunden werden. Tatsächlich liegen eine Reihe von Beobachtungen vor, die beweisen, daß gesättigte Lösungen durch Sonnenbestrahlung allein Temperaturen annehmen können, die weit über der Lufttemperatur ihrer Umgebung liegen. Schon lange ist das Phänomen des Medve-Sees in Siebenbürgen bekannt, eines Salzsees, in dem Temperaturen bis 70° beobachtet worden sind, obgleich die mittlere Jahrestemperatur nur 9° beträgt. Van 't Hoff hat auf dieses Beispiel schon hingewiesen und v. Kalesinszky⁶⁾ hat daraufhin in Budapest Versuche angestellt, bei dem es ihm gelang, in einer durch Olivenöl gegen Verdunstung geschützten Lösung Temperaturen bis 49° durch Sonnenbestrahlung zu erzielen.

Neuerdings hat Elschner⁷⁾ berichtet, daß sich in Kalifornien gesättigte Mutterlaugen einer Meeressaline, die man der Sonnenbestrahlung in einem Teich aussetzte, bis auf mehr als 80° erwärmt haben, und daß sich erst bei

²⁾ Arrhenius, Über die physikalischen Bedingungen bei den Salzablagerungen zur Zeit ihrer Bildung und Entwicklung. Ztschr. Kali 1922, S. 361.

³⁾ Lachmann, Studien über den Bau von Salzmassen. Dritte Folge. Ztschr. Kali 1912, S. 342.

⁴⁾ Jaenecke, Die Entstehung der deutschen Kalisalz-lager. Braunschweig 1915.

⁵⁾ Fulda, Studie über die Entstehung der Kalilagerstätten des deutschen Zechsteins. Z. d. Deutschen Geolog. Gesellsch. 1924, Monatsber. S. 7.

⁶⁾ v. Kalesinszki, Mathematische und naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn 19, 51 und 21, 1.

⁷⁾ Elschner, Beiträge zur Kenntnis von natürlichen und künstlichen Seewasserlagunen. Geol. Rundschau 14, 351 [1924].

¹⁾ Van 't Hoff, Zur Bildung der ozeanischen Salzablagerungen. Braunschweig 1909.

derartig hoher Temperatur feste Kalisalze gebildet haben. Vorher war die Verdunstung zu gering, zumal da sich auf der Oberfläche des Laugenbeckens eine schwimmende Salzhaut bildete, die die Verdunstung erschwerte und bewirkte, daß die eingestrahlte Sonnenwärme nur zur Temperatursteigerung verbraucht wurde.

In der Tat lassen sich die hohen *L a u g e n t e m p e r a t u r e n* durch die physikalischen Eigenschaften der Lösungen erklären. Die zum Teil stark hygroskopischen Salze halten das Lösungswasser mit außerordentlicher Zähigkeit fest. Aus diesem Grunde ist eine Eindunstung der Mutterlaugen bei verhältnismäßig niedriger Temperatur gar nicht möglich. Der Dampfdruck der Lösungen ist wesentlich geringer als derjenige des Wassers. Erst bei ziemlich hoher Temperatur steigert sich der Dampfdruck der Lösungen derartig, daß eine lebhafte Wasserabgabe an die Atmosphäre stattfindet, und dadurch eine Abscheidung fester Salze bewirkt werden kann.

In der Klimatologie ist man gewöhnt, die *L u f t t e m p e r a t u r* eines Ortes anzugeben, die auch in Wüstengebieten an den heißesten Tagen 50°, im Jahresdurchschnitt 30° nicht überschreitet. Viel höher steigt die Temperatur an der Oberfläche des Erdbodens, die infolge der Ausstrahlung während der Nacht allerdings ebenso schnell wieder abnimmt. Selbst in dem gemäßigten Klima Deutschlands sind *B o d e n t e m p e r a t u r e n* bis 60° beobachtet worden.

Das Laugenbecken, aus dem sich in der Zeit des Oberen Zechsteins die Kalisalze abgeschieden haben, lag nach übereinstimmender Ansicht aller Geologen in einem *W ü s t e n g e b i e t*, dessen Sandbildungen im Rotliegenden und im Buntsandstein erhalten geblieben sind. Eine intensive Sonnenbestrahlung bei fast völligem Fehlen von Niederschlägen kann daher vorausgesetzt werden. Die an der Oberfläche des Laugenbeckens durch Sonnenbestrahlung bei Tage erwärmten Laugen wurden auch bei geringer Verdunstung schwerer und sanken zu Boden, wo sie auch bei Nacht infolge der darüber lagernden Flüssigkeit nur wenig Wärme an die Atmosphäre durch Ausstrahlung zurückgeben konnten. Das Laugenbecken bildete daher einen Wärmesammler, dessen Kapazität bei der großen Laugenmenge und Beckentiefe sehr bedeutend war.

Die Eindunstung ging vermutlich bei allmählich steigender Temperatur vor sich. Dabei bildeten sich nacheinander Anhydrit, Steinsalz mit Sulfatschichten, Kaliummagnesiumsalze mit Sulfatschichten. Zur Zeit der Kalisalzbildung war wahrscheinlich bereits eine Temperatur über 83° erreicht worden, so daß nur bei hoher Temperatur bildungsfähige Sulfate entstehen konnten.

Auf der Oberfläche des Laugenbeckens hat sich vermutlich eine *s c h w i m m e n d e S a l z d e c k e* gebildet. Bei der großen Oberflächenspannung gesättigter Mutterlaugen werden Kristalle, die unmittelbar an der Oberfläche der Lösung entstehen, an ihrer Oberseite von der Flüssigkeit nicht benetzt und schwimmen deshalb, auch wenn sie etwas schwerer als die Lösung selbst sind. Die schwimmende Salzdecke behindert ihrerseits die Verdunstung der von ihr bedeckten Lösung erheblich und bewirkt dadurch, daß die eingestrahlte Wärme nicht als Verdunstungswärme verbraucht wird, sondern zum größten Teil der Temperatursteigerung dient. Dadurch wird die Wärmesammlungsfähigkeit des Laugenbeckens noch erhöht. Bei Temperaturen über 80° steigt aber schließlich auch der *D a m p f d r u c k* der Mutterlaugen in ziemlich steiler Kurve an, so daß sich dann Dampfblasen bilden müssen, die genügend Auftrieb haben, um die schwimmende Salzdecke zersprengen zu können. Die Zeit der Kalisalzbildung hat dann eingesetzt.

Nach Abscheidung der Kalisalze unter Bildung von Sylvin und Carnallit blieb eine chlormagnesiumreiche Lauge übrig, aus der Bischoffit hätte entstehen müssen. Da der Dampfdruck dieser Lauge besonders niedrig ist, konnte sich dieses Salz nur bei einer besonders großen Temperatursteigerung bilden. Tatsächlich sind nur ausnahmsweise Bischoffitlager, und zwar von geringer Mächtigkeit, in den Kalibergwerken angetroffen worden. Offenbar hat die Kraft der Sonnenstrahlen im allgemeinen nicht ausgereicht, um dieses außerordentlich hygroskopische Salz zur Abscheidung zu bringen. Man muß vielmehr annehmen, daß über dem fertig gebildeten Kalisalz-lager eine *L a u g e n s c h i c h t* von mindestens 100 m Höhe in flüssigem Zustand verblieben ist, die von einer späteren Überflutung aufgenommen und verdünnt wurde, aus der sich dann eine jüngere Salzfolge gebildet hat. Diese Laugenschicht bewirkte auch, daß das Kalisalz-lager bald durch Steinsalz und Salzton überkrustet werden konnte, ohne daß eine Auflösung bei der neuen Überflutung stattfand.

Die Salzablagerungen bestehen aus einer Wechsel-lagerung von chloridischen und sulfatischen Schichten, wobei die chloridischen quantitativ überwiegen, und zwar hauptsächlich in Form von Steinsalz, das erst gegen Ende der Ablagerung durch Sylvin oder Carnallit verdrängt wird. Die Sulfatschichten bestehen in der Hauptmasse des Salzgebirges aus Anhydrit. Daneben stellen sich bei fortgeschrittener Eindunstung Glauberit und Polyhalit ein. Hierauf folgt entweder nur noch Kieserit neben etwas Anhydrit oder Vanthoffit, Loewit, Langbeinit, Kieserit neben Anhydrit. Das Kalilager selbst besteht zumeist entweder aus Hartsalz (= Sylvin + Kieserit + Steinsalz) oder aus Carnallitgestein (= Carnallit + Kieserit + Steinsalz) oder auch aus einem Wechsel von beiden Gesteinsarten.

Bei den Untersuchungen von van't Hoff hat sich herausgestellt, daß sich das *c h e m i s c h e G l e i c h g e w i c h t* zwischen Sulfat und Chlorid in der gesättigten Lösung äußerst träge einstellt. Bei manchen Versuchen mußte die Lösung 500 Stunden lang umgerührt werden, ehe sich stabile Verhältnisse einstellten. Im allgemeinen neigen die Lösungen dazu, an Sulfat übersättigt zu bleiben. Dies ist offenbar auch bei der Bildung der Salz-lagerstätten der Fall gewesen. Das Sulfat ist so lange in übersättigter Lösung erhalten geblieben, bis die metastabile Grenze erreicht wurde. Dann erfolgte eine reine Sulfatbildung für kurze Zeit, durch die das übersättigt gelöste Salz auf einmal abgeschieden wurde. Infolgedessen bildete sich nicht ein inniges Gemisch beider Salzarten, sondern eine schichtige Wechsellagerung. Das Ältere Steinsalz besteht z. B. aus einer Folge von durchschnittlich 11 cm starken Steinsalzbänken und 0,4 cm starken Anhydritlagen.

Einen besonders großen Einfluß hatten die *Ü b e r s ä t t i g u n g s e r s c h e i n u n g e n* wahrscheinlich gegen Ende der Salz-bildung, als Kalium- und Magnesiumsalze die Hauptmenge des gelösten Stoffs ausmachten. Normalerweise müssen sich aus einer derartigen Lösung die Sulfate Vanthoffit, Loewit, Langbeinit und Kieserit sowie die Chloride Steinsalz, Sylvin und Carnallit bilden. In vielen Fällen ist dies auch geschehen, da man häufig Steinsalz mit den genannten sulfatischen Doppelsalzen, Hartsalz (mit oder ohne Langbeinit an der Basis) und Carnallitgestein (das aber auch fehlen kann) übereinander findet. In anderen Fällen fehlen die sulfatischen Doppelsalze Vanthoffit, Loewit und Langbeinit vollständig, und es folgt auf Polyhalit sogleich ausschließlich Kieserit. In diesen Fällen fehlt auch Sylvin und nach Steinsalz scheidet sich gleich Carnallit als chloridischer Bestandteil ab.

Die Untersuchungen von 't Hoffs haben gezeigt, daß sich aus ungenügend umgerührten Lösungen vorzeitig Kieserit an Stelle der genannten drei Doppelsalze bildet. Man muß daher annehmen, daß der Grad der Übersättigung bei der Kalisalzbildung lokal verschieden war. Aus einer annähernd stabilen Lösung bildete sich eine Hartsalzfolge mit Doppelsulfatunterlage, aus einer stark übersättigten Lösung eine Carnallitgesteinsfolge mit Kieseritunterlage⁸⁾. Eine starke Übersättigung an Magnesiumsulfat bewirkt ihrerseits wieder eine größere Löslichkeit von Natriumchlorid und Kaliumchlorid auf Kosten des Magnesiumchlorids. Tatsächlich findet man in den Kalilagern auch wesentlich mehr Kieserit und Steinsalz, als nach van 't Hoff bei Abscheidung aus stabiler Lösung erwartet werden könnten.

Der Grad der Übersättigung hängt wahrscheinlich zum Teil von der Temperatur der Laugen ab. Eine besonders heiße Lösung hat einen hohen Dampfdruck und gibt deshalb leicht Wasser an die Atmosphäre ab. Sie bewirkt deshalb eine Salzabscheidung, bevor sich ein chemisches Gleichgewicht zwischen Sulfat und Chlorid eingestellt hat, und vermag auch das besonders hygroskopische Chlormagnesium im Carnallit zur Auskristallisation zu bringen. Aus einer Lösung von der gleichen chemischen Zusammensetzung bildet sich bei etwas niedrigerer Temperatur wahrscheinlich ein Sylvinegestein (Hartsalz). Ist die Temperatur noch niedriger, dann bleibt auch das Kaliumchlorid in Lösung, und nur der Rest des vorhandenen Natriumchlorids bildet ein Steinsalzlager in demselben geologischen Horizont, in dem sonst die Kalisalze auftreten (sogenannte Vertaubungszone).

Demnach kann man in den Laugenbecken zur Salzbildungszeit Stellen mit verschieden hoher Temperatur annehmen. Z. B. muß sich bei geringer Laugentiefe die Wärmeabgabe durch Ausstrahlung bei Nacht stärker bemerkbar machen als bei großer Tiefe. Tatsächlich nehmen die Vertaubungszonen (Steinsalzbildungen) an Stelle des Kalilagers nach den vermutlich flachen Rändern des Laugenbeckens hin zu, während weite Gebiete, die mehr in der Mitte lagen, vorwiegend Carnallitgesteine zeigen.

Van 't Hoff hat die Gleichgewichtszustände zwischen stabilen Lösungen und ihren Bodenkörpern untersucht. Im Anschluß an die obigen Ausführungen ist es erwünscht, daß sich die chemische Forschung, die der Frage der Kalisalzbildung stets das größte Interesse entgegengebracht hat, nunmehr auch mit übersättigten Lösungen befaßt und zahlenmäßig die Erscheinungen der Natur im einzelnen zu erklären sucht. Mögen meine Ausführungen als eine Anregung in diesem Sinne aufgefaßt werden!

[A. 41.]

Kritisches über die Entstehung von Lavoisiers System.

Von Dr. MAX SPETER, Wehlen (Sächsische Schweiz).

(Eingeg. 1. Febr. 1926.)

Als Ausgangspunkt der in der Geschichte der Chemie so erfolgreichen Verbrennungs- und Oxydationstheorie Lavoisiers gilt die am 1. November 1772 von diesem beim Sekretär der Akademie der Wissenschaften zu Paris hinterlegte, versiegelte Note¹⁾, in der die Priorität für folgende „Entdeckungen“ beansprucht wird:

„Es ist etwa acht Tage her, daß ich entdeckt habe, daß der Schwefel, beim Verbrennen, weit entfernt davon an seinem Gewichte zu verlieren, im Gegenteil darin zunimmt;

⁸⁾ Fulda, Das chemische Gleichgewicht bei der Bildung der deutschen Kalisalzlagertstätten. Ztschr. Kali 1925, S. 333.

¹⁾ Oeuvres de Lavoisier, Tome II, S. 103. NB! Mit den „Oeuvres“ ist hier immer die Akademie-Gesamtausgabe Lavoisiers gemeint.

d. h., daß man aus einem Pfund Schwefel viel mehr als ein Pfund Vitriolsäure gewinnen kann, die Feuchtigkeit der Luft in Abzug gebracht; dasselbe gilt für den Phosphor: diese Vergrößerung des Gewichtes stammt von einer erstaunlichen Menge Luft, die während der Verbrennung fest wird und sich mit den Dämpfen verbindet.

Diese Entdeckung, welche ich durch Versuche, die ich als entscheidend betrachte, festgestellt habe, brachte mich auf den Gedanken, daß das, was sich bei der Verbrennung von Schwefel und Phosphor beobachten lasse, wohl in betreff aller der Körper, die bei der Verbrennung und der Kalzination an Gewicht zunehmen, stattfinden könne; und ich habe mich davon überzeugt, daß die Gewichtszunahme der metallischen Kalke in derselben Ursache ihren Grund hat; ich habe die Reduktion der Bleiglätte (litharge) in geschlossenen Gefäßen vorgenommen, mit dem Apparat von Hales, und ich habe beobachtet, daß sich im Augenblicke des Überganges des Kalkes in Metall, eine beträchtliche Menge von Luft entbindet und daß diese Luft einen tausendmal größeren Umfang einnimmt als das Quantum der angewandten Bleiglätte. Diese Entdeckung erscheint mir eine der belangreichsten zu sein, die seit Stahl^{1a)} gemacht worden sind, ich glaube mir

^{1a)} Damit meint Lavoisier wahrscheinlich nicht die Phlogiston-Theorie Stahls, sondern vielleicht eher das sogenannte Stahlsche Problem. In einem Briefe an seinen damals in Paris weilenden Schüler-Parteigänger K. Neumann hatte Stahl diesem die Frage vorgelegt, wie im „vitriolisirten Weinstein“ (NB! unserem Kaliumsulfat) die darin enthaltene Vitriolsäure von der Alkalibasis des Salzes (NB! Kalium), ohne Feuer (NB! in der Kälte), d. h. in der „flachen Hand“ scheiden könne. Da dieses Salz eine Verbindung der stärksten Säure und der damals stärksten Base darstellte, so schien eine Zerlegung ohne Phlogistonzusatz (d. h. ohne Kohlezusatz) den damaligen Chemikern unmöglich zu sein. In seinen Werken zeigte Stahl verschiedentlich die Schwierigkeiten dieses von ihm aufgeworfenen Problems, so z. B. schon in seiner 1697 erschienenen Zymotechnia fundamentalis. Stahl hielt seine eigene Lösung des Problems, die anscheinend auf der Zersetzung des Kaliumsulfates mit Silber- oder Quecksilberniträt beruhte, geheim. In dem erwähnten Briefe an Neumann bemerkt er jedenfalls, daß die Lösung dieses Problems äußerst leicht und ohne Anwendung von Feuer vollbracht werden könne, und daß diese Problemlösung für die Chemie äußerst wichtig sei. Den damaligen französischen Chemikern gelang es aber tatsächlich nicht, eine Lösung dieses Problems zu finden. Die Versuche Geoffroys (NB! des älteren) z. B., diesem Problem beizukommen (Histoire de l'Acad. roy. des Sciences, Année 1720, Amsterdam 1724, p. 24) sind als unzureichend zu bezeichnen. Erst J. H. Potts (Abh. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1737, S. 91 u. a. O.) Mittel, das Kaliumsulfat mit Nitraten von Quecksilber, Blei oder Kalk zu zerlegen, bedeuten eine Lösung des Problems. Crell (Neues Chem. Archiv Bd. II, 1784, S. 47, Fußnote) geht noch 1784 auf dieses Stahlsche Problem ein. Er gibt an, daß man das schwefelsaure Kali mit salpetersaurem oder salzsaurem oder essigsaurem Kalk, durch salpetersaures Silber, Blei und Quecksilber oder „nach den neuesten Erfahrungen“ durch „Schwererde“ (Baryt!) zerlegen könne. Scheele beschäftigte sich („Nachgelassene Briefe und Aufzeichnungen“, herausg. von A. E. Nordenskiöld, Stockholm 1892, S. 66 ff.) 1771 in origineller Weise mit diesem Problem, indem er zeigte, daß Kalisulfat auch durch schwächere Säuren, zum Teile wenigstens, zersetzt werden könne. Aber auch Lavoisier spielt 1765/66 in seiner „Analyse du gypse“ (Oeuvres de Lavoisier, Tome III, p. 112) auf dieses Stahlsche Problem an: „Ich werde zeigen, daß der Gips, dieses so feuerfeste Wesen, welches die Gewalt des Feuers nicht bezwingen kann, auf gelinderem Wege in der flachen Hand (Fußnote von Lavoisier zu dieser Stelle: „Ein Ausdruck, dessen sich Stahl bei seiner berühmten Aufgabe, der Zerlegung des vitriolisirten Weinstein bedient hat“) zerlegt werden kann.“ Diese Bemerkung Lavoisiers aus dem der Note vorausgehenden Zeitabschnitte macht es wahrscheinlich, daß er mit der Redewendung „Diese Entdeckung scheint mir eine der interessantesten seit Stahl zu sein“, jenes Stahlsche Problem im Auge gehabt haben mag.