Zeitschrift: Programm / Technikum des Kantons Zürich in Winterthur

Herausgeber: Technikum des Kantons Zürich in Winterthur

Band: 24 (1897-1898)

Artikel: Über einige Zweige von Bergbau und Industrie in Nord- und Mittel-Deutschland : Berichte von einer Studienreise

Autor: Weber, Julius

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1047767

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 31.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

ÜBER EINIGE ZWEIGE

VON

BERGBAU UND INDUSTRIE

IN

NORD- UND MITTEL-DEUTSCHLAND

Berichte von einer Studienreise

ausgeführt

mit Subvention des schweizerischen Industriedepartementes und des Erziehungsrates des Kantons Zürich

von

Julius Weber

Winterthur
Buchdruckerei von Geschwister Ziegler
1898

Inhalts-Verzeichnis.

Seite

Über die Entstehung der Steinsalzlager 3

Das Lager von Steinsalz und Abraumsalzen zu Stassfurt

I. Die Entwicklung des Bergbaus für Kaliumsalze 11

II. Bau des Lagers von Steinsalz und Abraumsalzen 12

III. Verarbeitung der Abraumsalze 19

Die Gewinnung und Verarbeitung des Zinnsteins im Erzgebirge

I. Über den Bau des Erzgebirges 25

II. Über die Geschichte des Berg- und Hüttenwesens 27

III. Die Lagerstätten des Zinnsteins 28

IV. Die Gewinnung des Zinnsteins

A. Die Seifenarbeit 32

B. Die bergmännische Gewinnung 33

V. Die Herstellung des Zinns 36

Über die Entstehung der Steinsalzlager.

Schon seit langen Zeiträumen ist der weitaus grössere Teil der Oberfläche unseres Erdkörpers mit einer zusammenhängenden Wasseransammlung bedeckt, deren einzelne Teile Ozeane und Meere genannt werden. Nach den neuern Vermessungen ist 72 % der Erdoberfläche von Meeren bedeckt und macht also die Landfläche nur 28 % aus. Die grösste, bis jetzt gefundene Meerestiefe, östlich von Japan, beträgt 8,5 km, und als wahrscheinliche mittlere Meerestiefe hat sich 3,5 km ergeben.

Das Wasser der Meere ist jedoch kein reines Wasser, sondern enthält stets feste Stoffe in aufgelöstem Zustand. Zur Bestimmung der Art und der Menge der im Meerwasser enthaltenen Stoffe sind an sehr vielen, verschiedenen Stellen Meerwasserproben abgefasst und untersucht worden. Die chemischen Analysen zeigen, dass im Allgemeinen die Beschaffenheit des Wassers in den offenen und freien Meeren nur geringe und unbedeutende Verschiedenheiten besitzt und dass der Gehalt an gelösten Stoffen durchschnittlich 3,5 % ausmacht.

Den Hauptbestandteil (76 %) der Stoffe, die im Meerwasser in gelöstem Zustand enthalten sind, bildet das Salz, Kochsalz, seiner Zusammensetzung ($NaCl$) nach Chlornatrium genannt. Der Salzgehalt ist die Ursache, dass das Meerwasser einen salzigen Geschmack hat, dass es nicht als Trinkwasser verwendet werden kann, und dass es ein höheres spezifisches Gewicht hat als gewöhnliches Wasser. Das Meerwasser heisst auch Salzwasser, während das Wasser der Flüsse und Seen, im Gegensatz zum Salzwasser, mit dem allerdings sehr unpassenden Namen Süsswasser bezeichnet wird.

Dass im Meerwasser Salz enthalten ist, wussten die Menschen schon in alten Zeiten; aber erst durch die chemischen Untersuchungen der Neuzeit wurde nachgewiesen, dass neben dem Salz stets noch eine Anzahl anderer Stoffe vorhanden ist. Diese stetigen Begleiter des eigentlichen Salzes werden Salze (im weiteren Sinne) genannt.

Aus den Zahlen, die die bisherigen Analysen geliefert haben, hat Carl Ochsenius (1893) die folgende mittlere Zusammensetzung des Meerwassers berechnet:

1000 Teile Meerwasser enthalten	26,70	$NaCl$	Chlornatrium
	3,22	$MgCl_2$	Chlormagnesium
	1,97	$MgSO_4$	Magnesiumsulfat
	1,63	$CaSO_4$	Calciumsulfat
	1,29	KCl	Chlorkalium
	0,42	$NaBr$	Bromnatrium
	0,04		sonstige Stoffe
	35,27	= Gesamtsalzgehalt, feste Salzmasse	
	964,73	= Wasser	
	1000,00		
	sp. G. 1,026—1,028		

Nach der Dissociationstheorie, die von dem schwedischen Gelehrten Swante Arrhenius im Jahr 1887 aufgestellt worden ist, enthält die wässerige Lösung die angeführten Stoffe nicht nur im verteilten Zustand, sondern die Stoffe sind in zwei Bestandteile, die Jonen, zerlegt, so dass die wässerige Lösung nicht die Verbindungen $NaCl$, $MgCl_2$, $MgSO_4$ . . . . , sondern einerseits die Metallionen Na, Mg, Ca und K und andrerseits die Säureionen Cl, SO_4 und Br enthält. Man sollte danach den Gehalt des Meerwassers nicht in ‰ $NaCl$, $MgCl_2$ . . . . , sondern in ‰ Na, Mg, Ca, K und Cl, SO_4, Br ausdrücken. — Obgleich die Richtigkeit dieser Theorie schon völlig ausser Zweifel gestellt ist, hat man fast allgemein doch noch die Gewohnheit, sich der ältern Ausdrucksweise zu bedienen und ist diese auch im Folgenden noch beibehalten. Die Erklärung der Vorgänge der Salzbildung ist übrigens nach der einen und anderen Art der Auffassung die gleiche.

Die Umrechnung der obigen Zahlen auf die trockene Salzmasse ergibt folgende Zusammensetzung:

100 Teile trockener Rückstand enthalten	75,70	$NaCl$	Chlornatrium
	9,13	$MgCl_2$	Chlormagnesium
	5,59	$MgSO_4$	Magnesiumsulfat
	4,62	$CaSO_4$	Calciumsulfat
	3,66	KCl	Chlorkalium
	1,19	$NaBr$	Bromnatrium
	0,11		sonstige Stoffe
	100,00	feste Salzmasse	

Wenn durch Einwirkung von bewegter Luft oder Wärme auf eine Salzlösung (Verdunsten, Verdampfen, Einsieden) ein Teil des Wassers in abziehenden Dampf verwandelt wird, so wird in der zurückbleibenden Lösung der Wassergehalt und das Volumen fortwährend kleiner. Die Menge des Salzes bleibt unverändert; im Verhältnis zum Volumen der Lösung wird dagegen der Salzgehalt fortwährend grösser. Bei fortdauernder Dampfbildung wird die Lösung immer conzentrirter, bis schliesslich der Zustand erreicht ist, wo das noch vorhandene Wasser die Salzmenge gerade noch in gelöster Form zu halten vermag. Von einer Salzlösung in diesem Zustand sagt man, sie habe ihre höchste Conzentration und ihren Sättigungszustand erreicht und nennt sie eine gesättigte Lösung.

Vom Zeitpunkt an, wo die Sättigung der Lösung erreicht ist, kann der Gehalt an gelöstem Salz im Allgemeinen nicht mehr zunehmen; wenn aus der gesättigten Lösung noch mehr Dampf weggeht, so muss jeweilen die Salzmenge, die in der Menge des gebildeten Wasserdampfes gelöst war, in den festen Zustand übergehen, es kommt zur Ausscheidung von fester Salzmasse (Krystallisation). Die Lösung, aus der die Ausscheidung des festen Salzes erfolgt ist, — gewissermassen die Mutter des festen Salzes — nennt man die Mutterlauge; sie ist immer noch eine gesättigte Lösung und gibt bei wiederholtem weiterem Eindampfen jeweilen wieder neue Salzkrystallisationen.

Salzausscheidungen aus Meerwasser kommen vielfach in der Natur vor, sie werden aber auch durch die Tätigkeit der Menschen erzeugt: Natürliche Salzausscheidungen finden statt an erwärmten Küsten, in Ueberschwemmungsgebieten, in Meerbuchten und Meerbusen; in den langen Zeiträumen der Erdgeschichte sind aus dem Meerwasser ausgedehnte Salzmassen, die gewaltigen Steinsalzlager, entstanden. Die Menschen haben schon in alter Zeit die Salzausscheidung aus Meerwasser veranlasst; im Altertum erfolgte die Salzgewinnung aus Meerwasser mit einfachen Hülfsmitteln und auf rohe Weise, später ist durch die Fort-

schritte der Technik ein eigenes Gewerbe der Salzgewinnung ausgebildet worden (Salzgärten, Salzsiedereien).

In grossartigstem Massstabe erfolgte die Salzausscheidung aus Meerwasser bei der Bildung der Steinsalzlager. Nachstehend soll die Entstehung dieser Lager erklärt werden.

Noch in den 50er Jahren dieses Jahrhunderts gab es Geologen, die allen Ernstes behaupteten, dass das Steinsalz als flüssige Masse aus dem Erdinnern herausgequollen sei, dass es somit zu den Eruptivgesteinen gehöre. Schon dazumal war neben dieser Annahme auch die Ansicht verbreitet, dass alles Salz aus Meerwasser herstamme, und diese Ansicht ist bis heute als richtig befunden worden. Zur Bildung der stellenweise mehrere 100 Meter, vereinzelt sogar über 1 Kilometer dicken Salzablagerungen, genügt ein blosses Austrocknen eines Meeres nicht, weil in der über dem Meerboden befindlichen Wassermenge bei weitem nicht so grosse Salzmengen vorhanden sind. Zur Auffindung der die Entstehung der Salzlager veranlassenden Vorgänge waren eingehende Untersuchungen und Kenntnisse der Eigenschaften des Meerwassers und der Steinsalzlagerstätten erforderlich. Neben andern Forschern ist es namentlich der deutsche Bergingenieur Carl Ochsenius, der während mehr als 40 Jahren dem Ursprung der Salzlager nachgespürt, und die Vorgänge, wodurch die Salzlager entstehen, erklärt hat.*)

Die Frage allerdings, auf welche Art das Salz ins Meerwasser gelangt sei, ist noch völlig unaufgeklärt und wird im Folgenden vom Salzgehalt des Meerwassers als Tatsache ausgegangen.

Die Vorgänge, die zur Bildung eines Salzlagers führen, können an mehreren Stellen der Erdoberfläche beobachtet werden. Es soll hier die Salzbildung an dem Beispiel des kaspischen Meeres erklärt werden.

Obschon das kaspische Meer ringsum von Land eingefasst, also ein Binnenmeer ist, ist sein Wasser doch salzig. An der langen Ostküste dieses Binnenmeeres gibt es grössere und kleinere Buchten, in denen durch schmale Landzungen das Wasser eingeschlossen und der Zutritt des freien Meerwassers mehr oder weniger gehemmt wird.

Die grösste und bekannteste dieser Buchten, einen Flächenraum von 17 000—18 000 km² umfassend, ist der Adschi-Darja, bei uns gewöhnlich der Kara-Bugas genannt. Eigentlich führt in der dortigen Gegend nur die verengte Eingangsstelle, durch die man vom kaspischen Meer in den Adschi-Darja gelangt, den Namen Kara-Bugas, was schwarzer Schlund bedeutet. Zwischen dem Meer und der Bucht befindet sich ein, offenbar durch die Sandanhäufung der Sturmwellen gebildeter, fester Wall, der stellenweise bis 1 m unter die Wasseroberfläche hinaufreicht. Einen derartigen, das Wasser zweier Meeresteile ganz oder nur bis zu einer gewissen Höhe von einander trennenden Wall, nennt man eine Barre.

Infolge des regenlosen und heissen Steppenklimas, findet im Kara-Bugas eine starke Wasserverdampfung statt. Da in diese Meerbucht kein Fluss mehr einmündet, seitdem der Unterlauf des mächtigen Amu-Daria (Oxus) nach dem benachbarten Aralsee abgelenkt worden ist, so muss vom kaspischen Meer, über die Barre weg, eine dem verdampften Wasser entsprechende Menge Meerwasser einströmen. In der Tat findet ein fortwährender Wasserzufluss nach dem Kara-Bugas statt und strömt das Meerwasser mit einer Geschwindigkeit von 5—6 km in einer Stunde durch die Eingangsstelle. Die Verdampfung und der fortwährende Zufluss von neuem Meerwasser sind die Bedingungen zur Entstehung eines Salzlagers.

*) C. Ochsenius: die Bildung der Steinsalzlager, Halle 1877
C. Ochsenius: Barrenwirkungen, Zeitschrift für praktische Geologie 1893

Die genaueren, die Salzausscheidung hervorrufenden Vorgänge, wie sie im Kara-Bugas und andern Salzbuchten vor sich gehen, sind folgende: Durch Verdampfung wird das Wasser der Meerbucht an der Oberfläche conzentrirter. Da die conzentrirte Lösung schwerer ist als das Meerwasser, sinkt sie an den Boden und bleibt hier, infolge der Barre, vom Wasser des offenen Meeres abgeschlossen. Das verdampfte Wasser wird durch Zufluss von neuem Meerwasser, das über die Barre zuströmt, immer wieder erneuert. Durch den zunehmenden Salzgehalt werden die in der Bucht vorhandenen Lebewesen vertrieben, die Tiere suchen über die Barre nach dem Meer zu entkommen, die zurückbleibenden Tiere und Pflanzen sterben. Das Wasser in den Salzbuchten enthält gar keine Lebewesen mehr. In den in der Bucht nachträglich sich bildenden Absätzen sind daher pflanzliche und tierische Reste grosse Seltenheiten, und gehören im Allgemeinen die Salzlager zu den versteinerungsarmen oder geradezu versteinerungslosen Ablagerungen. Der Salzgehalt des Buchtwassers wird so lange vergrössert, bis das Salzwasser in eine gesättigte Salzlösung umgewandelt ist. ***(1. Phase: Absterben der Organismen und Entstehung einer gesättigten Salzlösung.)***

Infolge des zunehmenden Gehaltes an gelösten Stoffen wird der Reihe nach der Sättigungszustand für die einzelnen Stoffe erreicht, für die schwer löslichen zuerst und für die leicht löslichen zuletzt. Die Reihenfolge, in der sich die gelösten Stoffe in fester Form ausscheiden, ist im Allgemeinen umgekehrt wie die Grösse ihrer Löslichkeit. Unsere Kenntnisse über die Ausscheidung der Bestandteile des Meerwassers bei fortdauernder Verdampfung sind namentlich gefördert worden durch die sorgfältigen Versuche, die von Usiglio in den 40er Jahren mit Wasser des mittelländischen Meeres ausgeführt wurden. (Annales de chimie et de physique, Paris 1849.)

Die ausgeschiedenen Stoffe setzen sich am Boden ab, häufen sich an, und können im Laufe der Zeit zu mächtigen Lagern anwachsen.

Wenn das spezifische Gewicht des Wassers in der Bucht auf 1,129 gekommen ist, so wird das Calciumsulfat unlöslich und scheidet sich entweder im wasserfreien Zustand als Anhydrit (von anhydros, ἄνυδρος wasserfrei) oder in Verbindung mit Krystallwasser als Gips $Ca\,SO_4 . 2H_2O$ aus. Es beginnt die Bildung einer Anhydrit- oder Gipsablagerung. Ob sich Anhydrit oder Gips abscheidet, hängt vom Druck, d. h. von der Tiefe der Meerbucht ab. Beträgt der Druck weniger als 10 Atmosphären, so entsteht Gips, ist er grösser, so entsteht Anhydrit.

Gipsausscheidungen aus Meerwasser bilden sich auch bei der Salzgewinnung in den Salzgärten, wo das Meerwasser in den künstlich angelegten „Gärten“ verdunstet und ebenso in den Salzsiedereien, wo Solwasser durch künstliche Feuerung in den Salzpfannen eingedampft wird. Der Pfannenstein der Salzpfannen besteht zur Hauptsache aus Gips.

Durch die vom Land herstreichenden Winde wird vielfach Staub in die Bucht geweht und anderseits gelangen zeitweilig aus dem Meer Schlammmassen in die Bucht; diese Staub- und Schlammmassen setzen sich zusammen mit dem Gips ab, bilden den Tongips oder die mit den Gipsschichten wechsellagernden Ton- und Lettenschichten.

Vor der Entstehung eines Steinsalzlagers findet die Bildung eines Gips- oder Anhydritlagers statt; man hat allgemein beobachtet, dass der Gips den untersten Teil, das sogenannte Liegende, des Salzlagers bildet. ***(2. Phase: Bildung des liegenden Gips- oder Anhydritlagers.)*** (Fig. 1)

Durch die fortdauernde Wasserverdampfung wird das Wasser der Bucht immer salziger. Ist das spezifische Gewicht des Buchtwassers auf 1,218 gestiegen, so ist der Sättigungszustand für Chlornatrinm erreicht und es beginnt dessen Ausscheidung und Auflagerung auf das Gipslager, d. h. die Bildung eines Steinsalzflötzes. Da indessen der Zufluss von Meerwasser nach der Bucht fortdauert, so findet neben der Salzausscheidung auch noch eine Gipsausscheidung statt und wird dadurch das Steinsalz mit Gips verunreinigt, oder dünne, schichtenförmige Zwischenlager von Gips- und Anhydrit gebildet. Auch während dieser Zeit setzen sich gelegentlich Schichten von Tonschlamm, zusammen mit Salz, am Boden ab, so dass die Salztonschichten gebildet werden.

Da die übrigen Bestandteile des Meerwassers, die Begleiter von Calciumsulfat und Chlornatrium, bedeutend leichter löslich sind, werden sie vorläufig nicht ausgeschieden, sondern reichern sich in den über den Steinsalzschichten liegenden Mutterlaugenschichten an. In der Mutterlauge vergrössert sich in erster Linie der Gehalt der zwei bitterschmeckenden Magnesiumsalze, Chlormagnesium und Magnesiumsulfat, während in viel geringerem Maasse der Gehalt an Chlorkalium, Chlorcalcium, borsauren Salzen, Brommetallen, Jodmetallen und Lithiumverbindungen zunimmt. Die schwere Schicht der Mutterlauge wächst fortwährend und dehnt sich nach oben aus, es wird also ein Zeitpunkt kommen, wo die Bucht bis zu der, das obere Ende der Barre berührenden Horizontalfläche, mit Mutterlauge angefüllt ist.

An den sich ausscheidenden Teilchen von Chlornatrium bleiben stets geringe Mengen von Chlormagnesium und Magnesiumsulfat hängen, bleiben im Steinsalz eingeschlossen und bilden daher eine ganz geringfügige, aber fast niemals fehlende Verunreinigung des Steinsalzes. (Ursache der hygroscopischen Eigenschaften des gewöhnlichen Salzes.) ***(3. Phase: Bildung des Steinsalzlagers und der darüber befindlichen Mutterlauge.)***

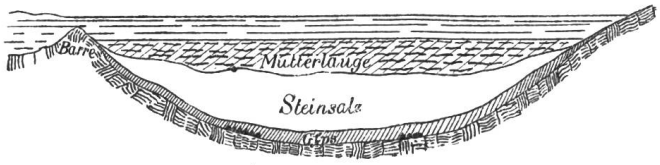


Fig. 1

Salzbucht (Nach F. Toula, Salzgebirge)

Im Kara-Bugas befindet sich die Salzbildung in der 3. Phase. In dieser riesigen Salzpfanne, deren Flächenraum ungefähr so gross ist wie derjenige der drei grössten Schweizerkantone (Graubünden, Bern und Wallis) zusammen, ist die Salzausscheidung in vollem Gang und werden nach den Berechnungen jeden Tag mehrere Millionen Zentner Salz ausgeschieden. Am Grund der Bucht befindet sich eine Salzablagerung von unbekannter Mächtigkeit. Das Wasser der Bucht wird immer reicher an gelösten Magnesiumsalzen (Bittersalzen); der salzige Geschmack wird allmählig mehr scharf und bitter, es bildet sich ein sogenannter Bittersee.

Je höher die Mutterlaugenschicht gestiegen ist, um so leichter wird das starke Salzwasser durch Wind und Wellen auf die Ufer gespühlt. An der Küste wird aller Pflanzenwuchs zerstört und es entsteht ein kahler Küstengürtel, der sich allmählig in Sand und Staub

auflockert. Je mehr die Sand- und Staubbildung am Küstengürtel zugenommen hat, um so mehr Staubmassen können durch den Wind eingeweht werden und Veranlassung zur Bedeckung des Salzflötzes mit Salzton oder Tonschichten geben.

Sobald die Mutterlaugenschicht die Höhe der Barre erreicht hat, beginnt eine neue Flüssigkeitsströmung, indem nun die entstehenden schweren Mutterlaugenteile grösstenteils über die Barre ins Meer hinausfliessen. Ueber der Barre gibt es jetzt zwei Strömungen: an der Wasseroberfläche eine Meerwasserströmung nach der Bucht, in der Tiefe eine Mutterlaugenströmung nach dem Meer.

Im Laufe der Zeit müssen diese zwei Strömungen die Zusammensetzung des Wassers eines Binnenmeeres verändern. Da das Meerwasser bedeutende Mengen von Chlornatrium verliert, muss sein Gehalt an Chlornatrium abnehmen. Im kaspischen Meer ist es nicht nur der Kara-Bugas, der sich an der Entziehung von Chlornatrium beteiligt, sondern dieser Vorgang findet an sehr vielen Stellen der Ostküste statt, so besonders in der Nordostecke in der Meerbucht Mertwyi-Kultuk, in der Bucht Kaidak oder Kara-Su, im Aleksanderbusen, und im Kara-Kul. Obschon bis jetzt eingehende vergleichende Analysen noch nicht ausgeführt worden sind, zeigen doch die folgenden vorläufigen Analysenresultate*) den Unterschied zwischen Meer- und Buchtwasser deutlich genug:

	Kaspisches Meer	Kara-Bugas 1876
	‰	‰
Chlornatrium $NaCl$	8,53	83,28
Chlormagnesium $MgCl_2$	0,30	129,38
Magnesiumsulfat $MgSO_4$	3,25	61,94
Calciumsulfat $CaSO_4$	1,07	—
Chlorkalium KCl	—	9,96
Chlorcalcium $CaCl_2$	—	0,25
Brommagnesium $MgBr_2$	—	0,19
sonstige Stoffe	0,06	—
Gesamtsalzgehalt	13,21	285,00
Wasser	986,79	715,00
	1000,00	1000,00
Sp. G.	1,0084	1,262

Infolge des bedeutenden Salzgehaltes des Buchtwassers und der wasseranziehenden (hygroscopischen) Eigenschaften der Magnesiumsalze wird die Wasserverdampfung und somit der Meerwasserzufluss geringer. Die Stoffe, die sich von jetzt an aus dem einströmenden Meerwasser ausscheiden, sind Calciumsulfat und Chlornatrium. Da in der conzentrirten Lösung der Magnesiumsalze das Calciumsulfat ganz unlöslich ist, wird das gesamte Calciumsulfat des Meerwasserzuflusses ausgeschieden, während vom Chlornatrium nur ein Teil ausgeschieden wird. Durch die Einwirkung der grossen wasseranziehenden Kraft und durch den bedeutenden Druck der Mutterlauge wird das Calciumsulfat in wasserfreiem Zustand abgeschieden; es bildet sich eine auf der Steinsalzablagerung aufliegende Anhydritdecke, der gewöhnlich Salzton beigemengt ist.

*) F. Toula: Das Salzgebirge und das Meer, Wien 1891

Durch das Anwachsen der Anhydritablagerung des sogenannten Anhydrithutes wird die Bucht immer mehr aufgefüllt und wird immer mehr Mutterlauge nach dem Meer verdrängt. Die in den Vertiefungen zurückgebliebenen Reste von Mutterlauge können durch Sandwehen und Dünen noch vollends verdrängt werden. Die Bucht ist nun trocken gelegt; sie enthält eine Gesteinsablagerung, deren Hauptmasse ein Lager von Steinsalz, deren Liegendes Gips oder Anhydrit und deren Hangendes Salzton und Anhydrit ist. Das Steinsalz ist zwischen Schichten von Calciumsulfat eingepackt und wird dadurch vor den auflösenden Wirkungen des Wassers bewahrt. ***(4. Phase: Bildung der Salzton- und Anhydritbedeckung, Abfliessen der Mutterlauge. Schluss der Salzbildung.)***

Fig. 2
Salzbucht (Nach F. Toula, Salzgebirge)

Bei der Entstehung der Steinsalzlager kam es in der Regel nur dazu, dass von den Meerwasserbestandteilen das Calciumsulfat und das Chlornatrium in feste Form ausgeschieden wurden, während die übrigen Bestandteile in der Mutterlauge gelöst blieben, und aus der Salzbucht gewöhnlich wieder ins offene Meer gelangten.

Nur in vereinzelten Fällen ist es vorgekommen, dass den Mutterlaugensalzen der Weg nach dem Meer versperrt wurde. (Hebung der Barre bis zum vollständigen Abschluss der Salzbucht.) In diesen Fällen konnte es zur Ausscheidung der Mutterlaugensalze kommen und entstand dadurch über dem Steinsalzlager eine hauptsächlich aus Magnesiumsalzen und Kaliumsalzen bestehende Ablagerung. Indessen sind bis jetzt nur zwei Gebiete gefunden worden, wo die Lager der Magnesium- und Kaliumsalze durch Decken vor der lösenden Wirkung des Wassers geschützt und erhalten geblieben sind.

Diese Vorgänge entsprechen einer nur ausnahmsweise eingetretenen, besonderen Phase: ***Überführung der Mutterlauge in den festen Zustand und Entstehung einer Ablagerung von Magnesium- und Kaliumsalzen.***

Die Vorgänge der Salzbildung haben in allen Zeitaltern der Erdgeschichte stattgefunden und daher können Steinsalzlager in allen Formationen vorhanden sein. Vielerorts wurden nachträglich durch die gebirgsbildenden Kräfte die ursprünglich horizontalen Ablagerungen verändert, von Bruchflächen und Verwerfungen durchsetzt oder zu Falten zusammengeschoben.

Zu den Gebieten, die sich durch ihre bedeutenden Steinsalzlager auszeichnen, gehört in erster Linie die norddeutsche Tiefebene. Wir dürfen annehmen, dass deren zahlreiche Steinsalzflötze entstanden sind als Absätze aus einer grossen Meerbucht, die nach C. Ochsenius folgende Ausdehnung hatte: In einer von der Insel Helgoland gegen Süden verlaufenden Linie, ungefähr in der Richtung des unteren Laufes der Weser, ist die Barre zu suchen, die die östlich davon liegende norddeutsche Meerbucht vom Ozean abgrenzte. Im Süden erstreckte sich die Bucht bis zum Teutoburgerwald, bis an den Nordrand des Harzes, bis an den Gebirgszug der Sudeten; der Ostrand der Bucht ging durch Polen nach dem untern Weichsellauf und der Nordrand wurde durch den der heutigen Ostseeküste entlang laufenden pommerschen und mecklenburgischen Landrücken und die quer durch Holstein verlaufende holsteinsche Hügelreihe gebildet.

Die Salzniederschläge dieser Bucht erfolgten im Zeitalter des Perms und zwar in dessen jüngerem Abschnitt, dem Zechstein, so dass diese Meerbucht nach ihrem Alter als Zechsteinmeer zu bezeichnen ist. Nach der Auffüllung und Bildung des Gips- und Anhydrithutes bildeten sich in den spätern Zeitaltern noch Ueberlagerungen von andern, wenig mächtigen Gesteinsschichten.

Die praktischen und wissenschaftlichen Interessen unseres Jahrhunderts führten zur Aufsuchung der unterirdischen Salzvorräte; zu diesem Zweck wurden an vielen Stellen der norddeutschen Tiefebene Bohrungen ausgeführt und viele vorher unbekannte Steinsalzlager gefunden. Bedeutende Steinsalzlager finden sich bei Segeberg in Holstein, bei Hannover, bei Lüneburg, bei Sperenberg, in der Umgebung der in der preussischen Provinz Sachsen befindlichen Städte Stassfurt und Aschersleben, bei Halle an der Saale und bei Inowrazlaw in Posen. An diesen Stellen wird das Salz durch Bergbau oder Salinenbetrieb gewonnen und sind durch die Salzgewinnung wichtige Industrieplätze entstanden.

Hervorragende wissenschaftliche Erkenntnisse hat die Salzbohrung zu Sperenberg, etwa 40 km südlich von Berlin gelegen, ergeben. Die Bohrung wurde im Jahr 1867 von der preussischen Regierung ausgeführt. Bis zur Tiefe von 89 m war Gips und Anhydrit vorhanden, von da an kam Steinsalz und zwar blieb das Bohrloch stets in Steinsalz. In der Tiefe von 1273 m wurde das Bohren eingestellt; das Bohrloch hatte bis zu dieser Tiefe 175,000 Mark gekostet. Die Mächtigkeit des hier durchbohrten Steinsalzlagers beträgt demnach 1184 m und dabei hatte man das Liegende noch gar nicht erreicht; das Steinsalzlager erstreckt sich also noch weiter in unbekannte Tiefe. Es ist besonders anzuerkennen, dass die preussische Regierung die grosse Geldsumme für diese Tiefbohrung, die zum Vorneherein nur wissenschaftlichen Zwecken dienen konnte, bewilligt hat. (Das Bohrloch ermöglichte die Messungen für die Zunahme der Temperatur mit der Tiefe.)

Bis heute ist mit Bestimmtheit nachgewiesen, dass in der norddeutschen Tiefebene, von Helgoland weg bis zum Harz und bis zur polnischen Grenze viele Steinsalzlager von grosser horizontaler Ausbreitung und von ungeheurer Mächtigkeit vorhanden sind.

Das interessanteste und wichtigste der norddeutschen Salzlager liegt am Nordostrande des Harzgebirges in der Umgebung der Städte Eisleben, Aschersleben, Bernburg und Stassfurt.

Das Lager von Steinsalz und Abraumsalzen zu Stassfurt.

I. Die Entwicklung des Bergbaus für Kaliumsalze.

In der Umgebung von Stassfurt wurde schon im 13ten Jahrhundert aus dem salzhaltigen Wasser der dortigen Quellen (Solbrunnen) durch Einsieden Salz hergestellt. Später wurden Kunstbrunnen errichtet und entstand ein eigentlicher sehr einträglicher Salinenbetrieb. In den 30er Jahren unseres Jahrhunderts wurde die Konkurrenz durch die übrigen Salzwerke zu gross und musste der Salinenbetrieb zu Stassfurt im Jahr 1839 eingestellt werden. Die preussische Regierung entschloss sich nun statt des Salinenbetriebes die Salzgewinnung durch Bergbau einzuführen und begann mit Bohrversuchen. Die Bohrungen ergaben die überraschende Tatsache, dass über dem vermuteten Steinsalzlager noch ein Lager von Magnesiumsalzen vorhanden sein müsse. Obgleich diese Überlagerung für die damaligen Verhältnisse ausserordentlich ungünstig erschien, wurde doch in den Jahren 1851 und 52 mit dem Abteufen der beiden Schächte „von der Heydt“ und „Manteuffel“ begonnen und nach 5 Jahren war man durch das Lager der Magnesiumsalze hinunter tief in das Steinsalzlager hinein gelangt und nun konnte die Salzgewinnung durch Bergbau ausgeführt werden. (Fig. 3, p: 14) Den Magnesiumsalzen, die die Decke des Steinsalzlagers bilden und die zufolge ihrer Zerfliesslichkeit für den Bergbau sehr hinderlich waren, gab man den Namen Abraumsalze, weil sie bei der Salzgewinnung abgeräumt werden mussten.

Zu Ende der 50er Jahre stellte es sich durch die chemischen Untersuchungen heraus, dass die Abraumsalze ausser Magnesiumsalzen auch ganz beträchtliche Mengen Kaliumsalze enthalten. Der Chemiker A. Frank machte verschiedene Vorschläge für die Verarbeitung der Abraumsalze auf reine Kaliumverbindungen (Chlorkalium, Kaliumsulfat und Pottasche), auf Magnesiumverbindungen und Salzsäure; aber erst nach Überwindung vieler Schwierigkeiten gelang es ihm im Jahre 1861 das für eine Fabrik erforderliche Kapital aufzutreiben und seine Verfahren zur Ausführung zu bringen. Von nun an gelangte die Gewinnung und Verarbeitung der Stassfurterabraumsalze rasch zum Aufblühen, im Jahr 1864 beschäftigten sich damit schon 18 Fabriken, im Jahr 1872 sogar 33 Fabriken.

Die aus den Abraumsalzen hergestellten Kaliumverbindungen fanden zunächst Absatz in der Industrie, aber bald eröffnete sich noch ein anderes, grossartiges Absatzgebiet: Die Pflanzennährstoffe Phosphorsäure, Stickstoff und Kalium (Kali), die durch den sich immer mehr steigernden landwirtschaftlichen Betrieb dem Erdboden in ungeheuren Mengen entzogen werden, müssen in Form von Düngemitteln wieder in den Boden zurückgebracht werden. Es lag nahe, zum Ersatz der entzogenen Kaliumverbindungen, die Abraumsalze zu verwenden. Die ersten

Anwendungen von Abraumsalzen als Kaliumdünger gaben indessen eher schädliche als nützliche Wirkungen und es brauchte viele Versuche und Erfahrungen, bis die richtige Art der Anwendung gefunden war. Gegenwärtig werden von der Landwirtschaft im deutschen Reiche per Jahr etwa 5 Millionen M. Ctr. Kaliumsalze zum Düngen verwendet und sehr grosse Mengen werden nach andern Ländern, besonders nach Nordamerika verschickt.

Die ursprüngliche Bedeutung der Produkte des Stassfurter Bergbaus hat sich gänzlich geändert: das Steinsalz ist heute zum Nebenprodukt geworden, während die früher wertlosen Abraumsalze jetzt das Hauptprodukt geworden sind. In Stassfurt und der Umgebung hat sich im Zusammenhang mit dem Bergbau auch ein grosser Zweig der chemischen Industrie entwickelt, der die geförderten Rohsalze in Handelsprodukte besonders in Düngemittel verwandelt.

Die Erfolge, die man zu Stassfurt mit dem Bergbau und der Industrie erzielt hat, waren die Veranlassung, dass man die Kaliumsalze auch anderwärts aufsuchte. Zu diesem Zweck wurden an vielen Orten, hauptsächlich aber in der Richtung gegen Nordwest, dem Nordrand des Harzes folgend, Bohrungen ausgeführt. Es sind denn auch grössere Lager von Kaliumsalzen gefunden und verschiedene neue Kaliumsalzbergwerke errichtet worden, von denen besonders diejenigen zu Vienenburg bei Goslar und zu Thiederhall bei Wolfenbüttel Erwähnung verdienen. Aber auch noch weiter gegen Westen, über Hildesheim hinaus, bis nach Hannover sind Kaliumsalze gefunden worden. Im Süden der Stadt Hannover wird gegenwärtig eifrig nach Kaliumsalzen gebohrt und man erblickt auf dem flachen Gelände viele dazu dienende Bohrtürme. Auch im Süden des Harzes bei Sondershausen wird ein Kaliumsalzbergwerk eingerichtet.

Ausser den Kaliumsalzlagerstätten der norddeutschen Tiefebene ist bis jezt nur noch ein einziges, weiteres Gebiet von Kaliumsalzen in Galizien aufgefunden worden. Dem Nordostrand des Karpathengebirges entlang ziehen sich auf weite Erstreckungen Ablagerungen von Steinsalz aus der Miocänzeit; über dem Steinsalz befinden sich an mehreren Stellen Kaliumsalze und bei Kalusz findet sich ein abbauwürdiges Lager. Vom Jahr 1867 an wurden die Kaliumsalze Kainit und Sylvin in Kalusz durch eine Aktiengesellschaft ausgebeutet. Infolge ungünstiger Ergebnisse musste jedoch die Ausbeutung im Jahr 1875 eingestellt werden und liegen seither die dortigen Kaliumsalze unbenutzt.

II. Bau des Lagers von Steinsalz und Abraumsalzen.

Durch den zu Stassfurt betriebenen Bergbau ist es möglich geworden, sich ein vollständiges Bild vom Bau und der Beschaffenheit des Steinsalz- und Abraumsalzlagers zu machen.

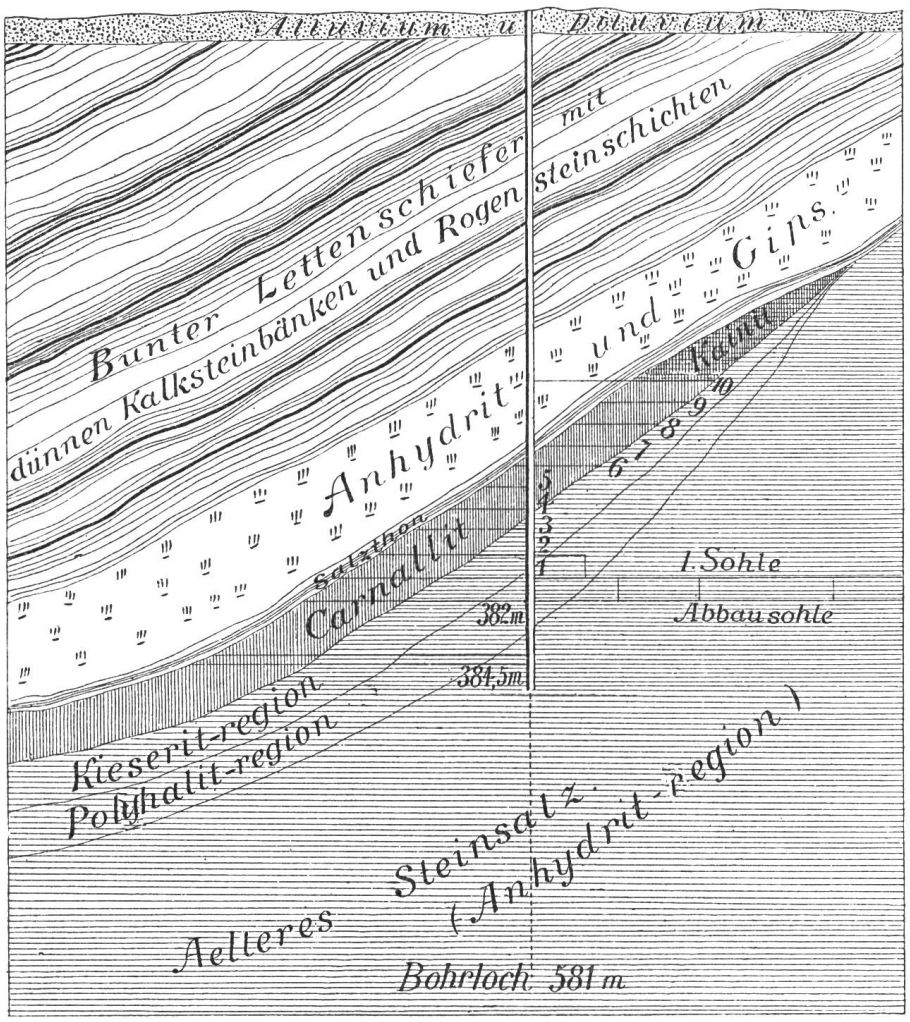
Es zeigte sich, dass die Salze nicht mehr ihre ursprüngliche horizontale Lagerung einnehmen; ihre Lagerstätte ist verändert. Die Salzschichten sind meistens aufgerichtet, stellenweise beinahe vertikal gestellt und zu Falten aufgetrieben. Infolge der Falten ändern die Lagerungsverhältnisse meistens von Ort zu Ort und sind oft äusserst verwickelt. (Fig. 3 u. 4)

Man teilt das Salzlager in vertikaler Richtung in vier Hauptabteilungen ein, die sogenannten Regionen, die allerdings gegen einander nicht scharf abgegrenzt sind sondern meist Übergänge bilden.*)

*) E. Pfeiffer: Handbuch der Kali-Industrie, 1887

Tabelle des Baues und der Zusammensetzung des Stassfurtersalzlagers

		Schichten des Buntsandsteins Ton, Letten, Kalkstein (Rogenstein)
Formation des Perms	40—120 m	**7. Oberes, jüngeres Steinsalz** von grosser Reinheit, mit wenig Polyhalit
	40—90 m	**6. Anhydritdecke** Anhydrit $CaSO_4$ und Gips $CaSO_4 . 2H_2O$
	8 m	**5. Salzton** { oberste Schicht Ton mit 40—50 % $MgCO_3$; mittlere Schicht SiO_2, $Al(OH)_3$, $Mg(OH)_2$; untere Schicht 50—60 % Gips, daneben Ton
	25—42 m	**4. Carnallitregion** primäre Salze { 55 % Carnallit $KCl . MgCl_2 . 6H_2O$; 26 % Steinsalz $NaCl$; 17 % Kieserit $MgSO_4 . H_2O$; 2 % Anhydrit $CaSO_4$; Bischofit $MgCl_2 . 6H_2O$; Boracit u. Stassfurtit $2Mg_3B_8O_{15} . MgCl_2$; Sylvin KCl sekundäre Salze { Sylvin KCl; Hartsalz Sylvin + Kieserit + Steinsalz; Sylvinit Steinsalz + Sylvin; Kainit $K_2SO_4 . MgSO_4 . MgCl_2 . 6H_2O$; Schönit = Pikromerit $K_2SO_4 . MgSO_4 . 6H_2O$; Krugit $4CaSO_4 . MgSO_4 . K_2SO_4 . 2H_2O$; Tachhydrit $CaCl_2 . 2MgCl_2 . 12H_2O$
	60 m	**3. Kieseritregion** { 65 % Steinsalz $NaCl$; 17 % Schnüre von Kieserit $MgSO_4 . H_2O$; 13 % Carnallit $KCl . MgCl_2 . 6H_2O$; 3 % Bischofit $MgCl_2 . 6H_2O$; 2 % Anhydrit $CaSO_4$
	60 m	**2. Polyhalitregion** { 91 % unreines Steinsalz, mit $MgCl_2$; 6,5 % Schnüre von Polyhalit $2CaSO_4 . K_2SO_4 . MgSO_4 . 2H_2O$; 1,5 % Bischofit $MgCl_2 . 6H_2O$; 0,7 % Anhydrit $CaSO_4$
	330—900 m	**1. Region des ältern Steinsalzes Anhydritregion** { 96 % Steinsalz $NaCl$; 4 % Schnüre von Anhydrit („Jahresringe")
	30 m	**Liegender Gips und Anhydrit des Zechsteins**
		Rotliegendes



(Nach Dr. H. Precht)

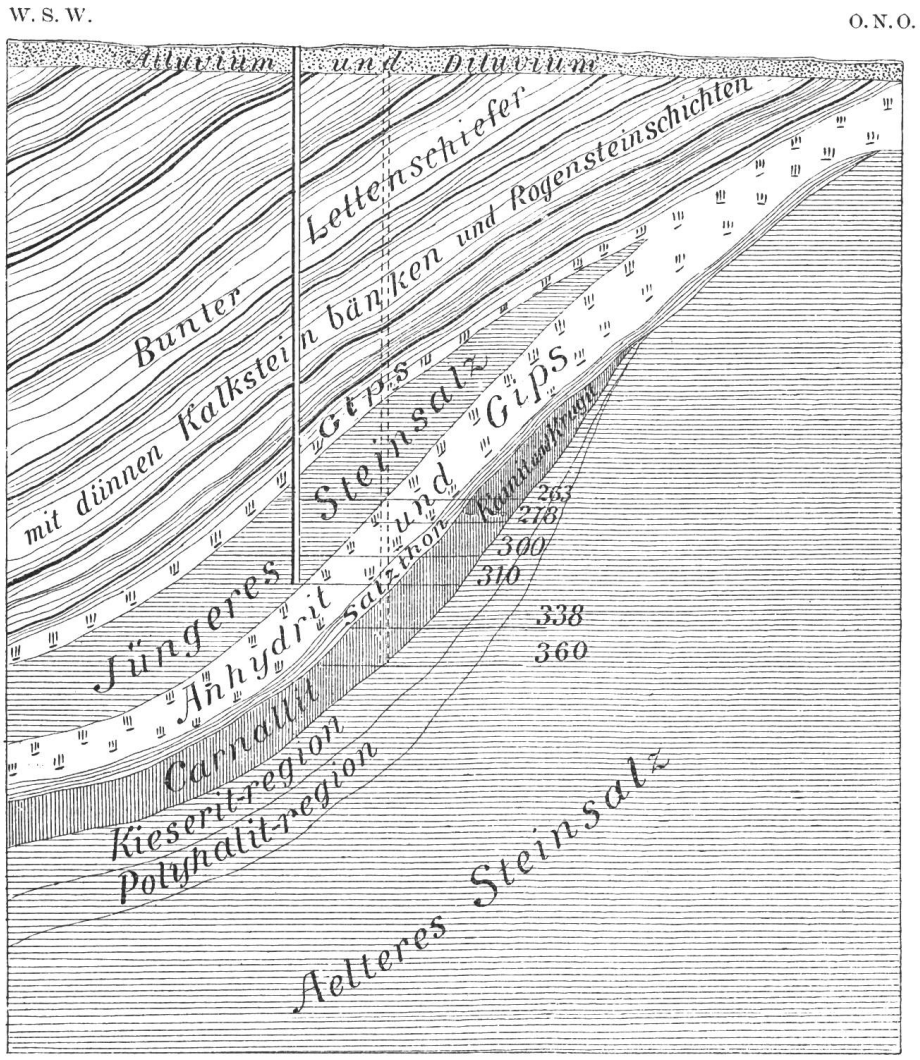
Fig. 3

Salzwerk Stassfurt, Schacht von der Heydt

1. Die unterste Region, die auf dem liegenden Gips aufliegt, ist die ***Region des älteren Steinsalzes;*** sie bildet den mächtigsten Teil des Salzlagers, hat stellenweise eine Dicke bis zu 900 m, und besteht aus reinem Steinsalz, das in Schichten von 8—9 cm Dicke ausgebildet ist und durch parallele Anhydritschnüre von 7 mm Dicke durchzogen wird. Nach den Anhydritschnüren hat man diese Region auch Anhydritregion bezeichnet, obschon der Anhydrit nur etwa 4 % des Gesteins ausmacht.

Die Ursache für die Entstehung der regelmässig abwechselnden Schichten von Steinsalz und Anhydrit hat man ursprünglich in einem Wechsel der Jahreszeiten, Sommer und Winter, gesucht und nannte daher die Schichten die Jahresringe. Aber man ist dann zur Erkenntnis gekommen, dass dieser Schichtenwechsel auch durch andere Ursachen erzeugt sein könne und so ist deren Entstehung noch unaufgeklärt. Überhaupt sind die Erklärungen für viele Einzelheiten des Stassfurtersalzlagers noch nicht gefunden.

Die Verwertung des ältern Steinsalzes zur Salzgewinnung hat fast ganz aufgehört,



(Nach Dr. H. Precht)

Fig. 4

Salzwerk Neustassfurt, Schacht Agathe

seitdem neuerdings das obere, jüngere Steinsalzlager an verschiedenen Stellen zugänglich geworden ist und hier ein viel reineres Salz (bis 99 % NaCl) gewonnen werden kann. Dagegen wird das ältere Steinsalz vielfach verwendet um die durch den Abbau der Abraumsalze entstehenden Stollen wieder auszufüllen; es dient als Bergversatz.

2. Die ***Polyhalitregion.*** Das ältere Steinsalz wird nach oben unreiner und die oberen Lagen enthalten neben Chlornatrium noch Mutterlaugensalze, besonders Chlormagnesium, dessen Gehalt bis zu 3 % ansteigt. Da das Chlormagnesium die Eigenschaft hat, Feuchtigkeit anzuziehen, erhält auch das damit verunreinigte Steinsalz die Eigenschaft, an der Luft feucht zu werden. Die etwa 60 m mächtige Ablagerung des verunreinigten Steinsalzes wird von 2—4 cm dicken Schnüren durchzogen, die zum Teil noch aus Anhydrit, zum Teil aus einer Mischung von Anhydrit und dem verwandten Mineral Polyhalit, grösstenteils aber aus Polyhalit allein bestehen. Nach diesem für diese Steinsalzablagerung charakteristischen Bestandteil gab man ihr den Namen Polyhalitregion.

Die Polyhalitregion besteht nach Bischof durchschnittlich aus 91 % Steinsalz, $6^1/_2$ % Polyhalit, $1^1/_2$ % Chlormagnesium (Bischofit) und 0,7 % Anhydrit.

Der Polyhalit, den man anfänglich für Gips gehalten hatte, kann als ein aus mehreren einfachen Salzen bestehendes, zusammengesetzes Salz betrachtet werden und infolge dieser Auffassung wurde von Stromeyer der Name Polyhalit, von polys, πολύς = viel und hals, ἅλς = Salz, gewählt. Seine Zusammensetzung wird ausgedrückt durch die Formel $2\,CaSO_4 . K_2SO_4 . MgSO_4 . 2\,H_2O$.

Beim Zusammenbringen mit Wasser wird der Polyhalit zersetzt und zuerst $MgSO_4$, sodann K_2SO_4 aufgelöst, während $CaSO_4$ als Gips zurückbleibt.

3. In der ***Kieseritregion,*** die etwa 60 m mächtig ist, bildet das Steinsalz immer noch den vorherrschenden Bestandteil. Diese Ablagerung von Steinsalz ist durchzogen von 2—30 cm dicken Bänken, die zum grössten Teil aus dem Mineral Kieserit $MgSO_4 . H_2O$ bestehen. In den oberen Lagen treten allmählig immer mehr Kaliumsalze, besonders Carnallit, auf.

Wenn Magnesiumsulfat aus einer wässerigen Lösung auskrystallisirt, nimmt das sich ausscheidende Salz stets 7 Moleküle Krystallwasser auf und es kommt zur Bildung von Bittersalz $MgSO_4 . 7H_2O$ (Reichhardtit). Die Ursache, dass aus der Mutterlauge des Salzwassers der nur 1 Molekül Krystallwasser enthaltende Kieserit auskrystallisirt ist, wird der wasseranziehenden Kraft des Chlormagnesiums zugeschrieben, das in grosser Menge in der Mutterlauge enthalten war.

Der Kieserit, der zu Ehren von Kieser so benannt wurde, ist weiss bis grau. Wird Kieseritpulver mit wenig Wasser versetzt, so verwandelt sich das Pulver unter bedeutender Wärmeentwicklung in ganz kurzer Zeit in eine feste zusammenhängende Masse (Blockkieserit). Bei länger dauernder Berührung mit einem Überschuss von Wasser, nimmt der Kieserit ganz allmählig Wasser auf und verwandelt sich in Bittersalz, das sich im Wasser leicht auflöst. 100 Teile Wasser von 18° lösen 41 Teile Kieserit.

4. Die ***Carnallitregion.*** In der obersten, 25—40 m mächtigen Lage, dem Hangenden des ganzen Salzlagers, ist der Carnallit das vorherrschende Mineral geworden; Steinsalz und Kieserit sind in ihrer Menge zurückgegangen; Anhydrit ist nur noch in kleinen Mengen vorhanden.

Den Carnallit, benannt zu Ehren des Berghauptmanns von Carnall, hält man für ein Doppelsalz von der Formel $KCl . MgCl_2 . 6H_2O$. Er kommt mit verschiedener Färbung vor, häufig ist er durch organische Beimengungen grau bis schwarz und vielfach durch eingelagerte Schüppchen von Eisenglimmer (Fe_2O_3) rot gefärbt. Aber selbst in den ganz dunkelroten Arten beträgt der Gehalt an Fe_2O_3 nicht $^1/_{10}$ %. Die reinsten Carnallitarten sind farblos und durchsichtig. — Der Carnallit zieht aus der Luft schnell Wasser an und zerfliesst; bei der Auflösung in Wasser wird er zersetzt: in erster Linie löst sich $MgCl_2$ auf, das schwerer lösliche KCl erst später. 100 Teile Wasser lösen bei 18° 64 Teile Carnallit.

Ein äusserst interessantes Mineral ist der in der Carnallitregion in Form vereinzelter kleiner Krystalle, sowie in kleinen und grossen Kugeln und Knollen vorkommende Boracit. Er ist ein Doppelsalz von borsaurem Magnesium mit Chlormagnesium von der Formel $2\,Mg_3B_8O_{15} . MgCl_2$.

Als eigentlichen Boracit bezeichnet man indessen nur die in Krystallen ausgebildete Art. Die Krystalle sind gewöhnlich klein, nur wenige Millimeter lang, sie sind farblos, glasglänzend, hart (Härte = 7) und in Wasser fast ganz unlöslich.

In viel grösserer Menge als die krystallisirte Art findet man die kugelig und knollenförmig ausgebildete Art, die zur Unterscheidung Stassfurtit genannt worden ist. Die grössern Stassfurtitknollen erreichen Kopfgrösse und wiegen gegen 10 kg. Die Knollen haben ein dichtes oder feinfaseriges Gefüge und sind sehr weich; im reinen Zustand sind sie schneeweiss, durch Beimengungen sind sie oft gefärbt (Eisen-Stassfurtit). Weil der Stassfurtit neben dem chemisch gebundenen Chlormagnesium diesen Stoff stets noch mechanisch beigemengt enthält, werden die Knollen an der Luft feucht. — Dass in den leicht löslichen, sogar zerfliesslichen Salzschichten die unlöslichen Boracite vorkommen, ist eine auffallende und noch nicht aufgeklärte Tatsache.

Vom Mineral Sylvin KCl, nach dem Heilkünstler Sylvius benannt, finden sich vereinzelte Krystalle schon in der Kieseritregion, das Hauptvorkommen aber liegt in der Carnallitregion. Dieses Salz ist zum Teil neben Carnallit aus den Mutterlaugen auskrystallisirt, zum Teil erst nachträglich da aus Carnallit hervorgegangen, wo durch eindringendes Wasser das leicht lösliche Chlormagnesium weggeführt wurde.

Zu solchen erst nachträglich oder sekundär gebildeten Salzen und Salzgemischen gehören noch: Hartsalz, Sylvinit, Kainit, Schönit, Krugit und Tachhydrit.

Wo in der Carnallitregion während kurzer Dauer eine Einwirkung von eingedrungenem Wasser erfolgte, wurde das leicht lösliche Chlormagnesium aus dem Carnallit weggeführt und es hinterblieb ein Gemenge von Chlorkalium mit Steinsalz und Kieserit, das sogenannte Hartsalz. An einigen Stellen bildet es linsenförmige, einige Meter dicke Lager; in Leopoldshall ist ein 4 m mächtiges Lager, das ausgebeutet wird.

Wo in der Carnallitregion eine beschränkte Menge Wasser längere Zeit einwirkte, wurde nach der Auflösung des Chlormagnesiums der Kieserit durch Wasseraufnahme in Bittersalz übergeführt und aufgelöst; es blieb als Rückstand ein Gemisch von Steinsalz und Sylvin, der sogenannte Sylvinit zurück. Dieses Salzgemisch wird an verschiedenen Stellen bergmännisch gewonnen und als Kalidünger verwendet.

Von den sekundären Salzen findet sich weitaus am häufigsten der Kainit $K_2SO_4 . MgSO_4 . MgCl_2 . 6H_2O$. Da dieses Mineral erst mehrere Jahre nach Eröffnung des Salzbergwerkes in Leopoldshall, Mitte der 60er Jahre entdeckt wurde, gab man ihm nach dem griechischen kainos καινός = neu seinen Namen. Der Kainit wurde da gebildet, wo das eingedrungene Wasser sowol den Carnallit, wie auch den Kieserit aufgelöst hatte und zwischen beiden Lösungen eine Umsetzung stattfinden konnte, die durch folgende, das Krystallwasser nicht berücksichtigende Gleichung ausgedrückt wird:

$$MgSO_4 + Mg\boxed{\begin{matrix} SO_4 & + K & Cl \\ & K & Cl \end{matrix}}\boxed{\begin{matrix} MgCl_2 \\ MgCl_2 \end{matrix}} = MgSO_4 . MgCl_2 . K_2SO_4 + 2\,MgCl_2$$

2 Mol. Kieserit 2 Moleküle Carnallit 1 Mol. Kainit

Soweit das von oben kommende Wasser in die schief einfallenden Carnallitschichten eindringen konnte, sind sie in Kainit umgewandelt, es sind daher die Kainitlager an den sich auskeilenden Enden der Carnallitregion vorhanden.

Der Kainit ist selten farblos, gewöhnlich grau oder rot. Er ist zerfliesslich. 100 Teile Wasser lösen bei 18° 50 Teile Kainit. Fast stets enthält er beigemengtes Steinsalz.

Kainit ist viel wertvoller als Carnallit, wird daher eifrig aufgesucht und abgebaut.

Schönit (Pikromerit) $K_2SO_4 . MgSO_4 . 6H_2O$. Wird die wässerige Lösung von Kainit eingedampft, so bleibt Chlormagnesium in Lösung und es krystallisirt das Doppelsalz $K_2SO_4 . MgSO_4 . 6H_2O$ aus, das nach dem Bergmeister Schöne Schönit genannt wurde. Durch Wiederauflösung und Auskrystallisieren sind gewisse Teile der Kainitlager in Schönit übergeführt worden.

Krugit $4CaSO_4 . K_2SO_4 . MgSO_4 . 2H_2O$, nach dem Oberberghauptmann Krug benannt, findet sich an einzelnen Stellen in Nestern.

Tachhydrit $CaCl_2 . 2MgCl_2 . 12H_2O$ kann als ein Carnallit betrachtet werden, worin das Chlorkalium durch Chlorcalcium ersetzt ist. Er entstand wahrscheinlich da, wo gipsgesättigtes Wasser mit Chlormagnesiumlösung zusammentrat:

$$\underset{\text{Gips}}{Ca\boxed{SO_4 + Mg}Cl_2} + MgCl_2 = MgSO_4 + \underset{\text{Tachhydrit}}{CaCl_2 . MgCl_2}$$

Der Tachhydrit zeichnet sich aus durch seine gelbe Farbe. Er ist von allen Abraumsalzen am leichtesten zerfliesslich und hat daher von Rammelsberg nach tachys ταχύς = rasch und hydor ὕδωρ = Wasser seinen Namen erhalten. 100 Teile Wasser lösen bei 18° 160 Teile Tachhydrit.

Sein Vorkommen ist nicht sehr bedeutend. Meistens bildet er scharf abgegrenzte Einlagerungen. Es werden beim Bergbau Stellen getroffen, wo die hochgelben Tachhydritlagen, die dunkelroten Carnallitschichten und die weissen Kieseritschichten ein prächtiges, gebändertes Farbenbild zeigen.

5. ***Region des Salztons.*** Nachdem die Mutterlauge soweit eingetrocknet war, dass sich die Kaliumsalze ausgeschieden hatten und nur noch ein Teil der leicht löslichen Magnesiumsalze in Lösung war, erfolgte Zuführung von Tonschlamm. Der zugeführte Ton setzte sich zum Teil als solcher zusammen mit Gips ab, während der übrige Teil durch die concentrirten Salzlösungen Zersetzungen erlitt, so dass dabei Kieselsäure, Aluminiumhydroxyd, Magnesiumhydroxyd und Magnesiumcarbonat gebildet wurden.

Die so entstandene etwa 8 m mächtige Region, die die Carnallitregion überlagert, besteht in ihrem untersten Teil aus Ton und Gips, im mittleren aus Kieselsäure, Aluminiumhydroxyd und Magnesiumhydroxyd und im obersten Teil aus Ton und Magnesiumcarbonat. Die ganze Region enthält kleine Mengen von Chlornatrium.

6. ***Die Anhydritdecke.*** Nach der Ablagerung des Salztons trat in die Salzbucht von neuem Meerwasser ein, es folgte eine zweite Meeresbedeckung, aus der sich das Calciumsulfat in Form von Anhydrit absetzte. Es bildete sich eine 40—90 m mächtige Anhydritschicht.

7. ***Die Region des obern oder jüngern Steinsalzes.*** Nach Ausscheidung des Calciumsulfates blieb das Meerwasser nur an vereinzelten Stellen, in den Vertiefungen zurück und gab Veranlassung zur Bildung eines 40—120 m mächtigen Salzlagers, das zur Unterscheidung vom tiefer liegenden das jüngere Steinsalz genannt wird.

Dieses jüngere Steinsalz bildet daher keine zusammenhängende Decke des Anhydrites, sondern nur vereinzelte kleinere Flötze, die an mehreren Stellen zur Salzgewinnung abgebaut werden.

Das jüngere Steinsalz unterscheidet sich vom ältern durch seine grosse Reinheit (95—99 % Na Cl). Anhydritschnüre fehlen, dagegen sind ganz dünne Bänder von Polyhalit vorhanden, die aber nicht einmal 2 % des Gesteins ausmachen.

8. ***Die Deckschichten.*** Nach der Ablagerung des jüngern Steinsalzes war die Salzbildung in der norddeutschen Salzbucht zu Ende gekommen. Während der letzten Zeiträume der Zechsteinzeit und während der folgenden Buntsandsteinzeit entstanden Überlagerungen von Schichten aus Ton, Sand, Kalk (Rogenstein) und schliesslich folgten tonige und sandige Überlagerungen in geringer Menge noch während der Tertiärzeit und Eiszeit.

Es ist schon früher angeführt worden, dass die Salzschichten nicht in ihrer ursprünglichen Lage geblieben sind. Nachdem das Salzlager von einem Teil der schützenden Deckschichten überlagert war, kamen in diesem Gebiete mächtige gebirgsbildende Kräfte zur Wirkung; sie erzeugten einen seitlichen Zusammenschub und damit eine Faltung der Schichten. Neben den kleineren Falten kam es zur Bildung einer Hauptfalte, die von NW nach SO, also dem Nordostrand des Harzgebirges ungefähr parallel verläuft. Diese unter den Ortschaften Westeregeln, Egeln und Stassfurt verlaufende Falte wird der Egeln-Stassfurter-Rogensteinsattel genannt.

Durch die Verbiegungen und Faltungen gab es in den Deckschichten vielfach Risse, so dass von oben her Wasser zu den obersten Sazlagern gelangen konnte. Die Anlage der Kunstbrunnen für die, Jahrhunderte hindurch betriebenen, Salinen muss übrigens das Eindringen von Wasser ebenfalls begünstigt haben. Das eingedrungene Wasser bewirkte bedeutende Veränderungen in den Salzlagern: höher liegende Teile wurden ganz aufgelöst, die entstandenen Salzlösungen verursachten beim Tiefereinsickern die chemischen Umsetzungen, die zur Bildung neuer Verbindungen, der sekundären Salze führten.

Über die Bildung der oceanischen Salzausscheidungen, speziell über die Entstehung der Salze des Stassfurterlagers, werden gegewärtig umfassende Untersuchungen ausgeführt, die von dem berühmten Chemiker J. H. vant Hoff geleitet werden. Diese Arbeiten, von denen erst die Anfänge gemacht sind, werden jedenfalls die Kenntnisse über die Entstehung der verschiedenen Stassfurtersalze noch bedeutend fördern.

III. Verarbeitung der Abraumsalze.

Die durch den Bergbau zu Stassfurt und Umgebung geförderten Abraumsalze sind die Rohprodukte, die in den nahe liegenden chemischen Fabriken verarbeitet werden. Die Handelsprodukte, die in diesem Zweig der chemischen Industrie hergestellt und auf den Weltmarkt gebracht werden, sind folgende: Chlorkalium, Blockkieserit, Bittersalz, Glaubersalz, Kalium-Magnesiumsulfat, Kaliumsulfat, Chlormagnesium, Brom und Borsäure.*)

Chlorkalium K Cl. Zur Fabrikation von Chlorkalium wird hauptsächlich der rohe Carnallit verwendet. Der Sylvin kommt in zu geringen Mengen vor.

Wie schon angeführt, besteht der Rohcarnallit aus Carnallit $KCl . MgCl_2 . 6H_2O$ und Steinsalz und Kieserit $MgSO_4 . H_2O$.

*) Literatur: E. Pfeiffer: Handbuch der Kali-Industrie 1887 — H. Precht: Die Salzindustrie von Stassfurt und Umgebung 1891 — Jurisch: Chlorkalium und die Stassfurter Industrie in O. Dammer Handbuch der chemischen Technologie 1895

Die Verarbeitung des Rohcarnallites

Rohcarnallit mit $MgCl_2$ lösung erhitzt (1. Operat.)

A. Lösung $KCl . MgCl_2$ gibt beim Krystallisiren (2. Operat.)

- KCl 1. Krystallisation — Decken — hochprozent. KCl
- Mutterlauge eingedampft (3. Operat.)
  - Künstlicher Carnallit $KCl . MgCl_2 . 6H_2O$ Auflösen u. Krystallisiren (4. Operat.)
    - KCl 2. Krystallis. — Decken — hochprozent. KCl
    - Mutterlauge gibt Löselauge für 1
  - Endlauge $MgCl_2$ — Löslauge für 1 oder für — Gewinnung von $MgCl_2$ oder Br

B. Rückstand Kieserit und Steinsalz mit Wasser behandelt

- Rückstand — Blockkieserit $MgSO_4 . H_2O$ — in heiss. Wasser gelöst gibt — Bittersalz $MgSO_4 . 7H_2O$
- Lösung — $NaCl$

Die erste Operation der Chlorkaliumfabrikation, die den Zweck hat Steinsalz und Kieserit vom Carnallit zu trennen, gründet sich darauf, dass eine heisse Chlormagnesiumlösung den Carnallit auflöst, während Steinsalz und Kieserit ungelöst bleiben. Der in einem Steinbrecher zu Pulver zerkleinerte Rohcarnallit wird in einer 20—25%-igen Lösung von $MgCl_2$, in einem eisernen Lösekessel mit Dampf auf 110—120° erhitzt. Das Chlorkalium und das Chlormagnesium des Carnallites lösen sich auf, während Steinsalz und Kieserit als feiner Schlamm in unlöslichem Zustand bleiben. Lässt man nach vollendeter Lösung den gesamten Kesselinhalt in die Klärgefässe auslaufen, dann setzt sich der Schlamm am Boden ab, und darüber bildet sich eine klare Lauge. Durch Ablassen werden Lauge (A) und Schlamm (B) von einander getrennt.

Die zweite Operation besteht darin, dass man das in der Lauge A enthaltene Chlorkalium auskrystallisiren lässt. Zu diesem Zweck wird die Lauge, nachdem sie mit so viel Wasser verdünnt worden ist, dass in einem Liter noch 280 gr KCl enthalten sind, in die grossen eisernen Krystallisirkästen abgelassen. Nach 2—3 Tagen ist die Hauptmenge des gelösten Chlorkaliums auskrystallisirt (1. Krystallisation) und bleibt nur noch 5% KCl in der Mutterlauge.

Die erste Krystallisation des Chlorkaliums, die aus 60% KCl, 20—25% $NaCl$ und etwas Mg-salzen zusammengesetzt ist, wird nun der Raffination unterworfen. Die Raffination besteht in einem Auswaschen mit kaltem Wasser und beruht darauf, dass — wie die Erfahrung gelehrt hat — beim Durchfliessen von kaltem Wasser durch eine Mischung von KCl und $NaCl$, hauptsächlich nur das $NaCl$ aufgelöst und weggeführt wird. Man bringt die erste Krystallisation in grosse Bottiche, so dass sie auf deren Siebboden aufruht und lässt von oben aus einer Brause kaltes Wasser in feiner Verteilung auf und durch die Salzmasse

hindurchfliessen. Wird diese Behandlung, die man in den Fabriken das „Decken" nennt, nur kurze Zeit ausgeführt, so erhält man ein Produkt von 80—85 % K Cl, das niedriggrädige oder niedrigprozentige Chlorkalium; wird das Decken dagegen wiederholt, so erhält man ein Produkt von 92—99 % K Cl, das hochprozentige Chlorkalium.

Um das im Chlorkalium zurückgebliebene Wasser zu entfernen, bringt man das Produkt in einen Trockenapparat. Statt der früheren Flammöfen verwendet man jetzt mit Vorteil die Thelen'sche Pfanne, einen Apparat, in dem ohne Unterbrechung auf der einen Seite durch maschinelle Vorrichtung das feuchte Produkt aufgenommen und auf der andern Seite das getrocknete Produkt ausgeschöpft wird.

Das fertige Chlorkalium wird in Säcke verpackt und in den Handel gebracht.

Die dritte Operation hat den Zweck das nach der Ausscheidung der ersten Krystallisation noch in der Mutterlauge verbliebene Chlorkalium zu gewinnen. Die Mutterlauge, die ca 20 % $MgCl_2$, 5 % K Cl, 4 % Na Cl und 3 % $MgSO_4$ enthält, wird in grossen Vakumkesseln eingedampft, bis 1 Liter 80 gr K Cl enthält. Nachdem das während des Eindampfens ausgeschiedene Chlornatrium (Bühnensalz) sich abgesetzt hat, lässt man die klare Lauge in die Krystallisirgefässe fliessen. Beim Abkühlen verbindet sich das noch in der Lösung enthaltene Chlorkalium fast vollständig mit dem Chlormagnesium zu dem sich ausscheidenden Doppelsalz $KCl . MgCl_2 . 6H_2O$, das künstlicher Carnallit genannt wird.

Die neben dem künstlichen Carnallit erhaltene, zweite Mutterlauge, die Endlauge, enthält ca 30 % $MgCl_2$, 3 % $MgSO_4$, 1 % K Cl, 1 % Na Cl und 0,3 % $MgBr_2$. Die Endlauge lässt man wegfliessen, oder man verwendet sie zufolge ihres Gehaltes an $MgCl_2$ im Fabrikationsbetrieb als Löseflüssigkeit für Rohcarnallit oder zur Gewinnung von Chlormagnesium, oder endlich zur Gewinnung von Brom.

Die vierte Operation beruht auf der Eigenschaft, dass der Carnallit beim Auflösen in Wasser in seine Bestandteile, in K Cl und $MgCl_2$ zerfällt, und aus der concentrirten Lösung nur K Cl auskrystallisirt, während $MgCl_2$ in Lösung bleibt. Der künstliche Carnallit wird in Lösekesseln in siedendem Wasser aufgelöst; die geklärte Lösung wird in die Krystallisirkästen abgelassen. Beim Abkühlen scheidet sich ein bedeutender Teil des Chlorkaliums aus (2 te Krystallisation).

Die Mutterlauge, die neben $MgCl_2$ das nicht auskrystallisirte K Cl enthält, wird in den Fabrikbetrieb genommen, sie dient zum Auflösen von Rohcarnallit.

Die zweite Krystallisation des Chlorkaliums wird durch Decken gereinigt, dann getrocknet und als hochprozentiges Chlorkalium in den Handel gebracht.

Die wichtigsten Verwendungen des Chlorkaliums sind folgende: Bis vor einigen Jahren wurde der grösste Teil des Chlorkaliums verwendet für den, für die Schwarzpulverfabrikation erforderlichen Kaliumsalpeter KNO_3. Die wässerige Lösung von Chlorkalium wurde zu diesem Zweck mit einer wässerigen Lösung von Chilesalpeter $NaNO_3$ vermischt:

$$K\boxed{Cl + Na}NO_3 = NaCl + KNO_3$$

Das gebildete schwerer lösliche Chlornatrium wurde durch Krystallisiren vom leichter löslichen Salpeter getrennt. Seit der Einführung des sog. rauchlosen Pulvers ist die Verwendung von Schwarzpulver und damit die Verwendung von Chlorkalium für dessen Herstellung bedeutend zurückgegangen. — Im Steigen begriffen ist dagegen die Verwendung des Chlorkaliums als Kaliumdüngemittel für die Landwirtschaft. In Deutschland wird für diesen Zweck mehr das

billigere niedrigprozentige Chlorkalium, im Ausland, wegen der höheren Transportkosten, mehr das hochprozentige Chlorkalium verwendet. — Chlorkalium wird weiter noch gebraucht zur Herstellung verschiedener Kaliumverbindungen, namentlich von Potasche K_2CO_3, von Kaliumalaun $K_2SO_4 . Al_2(SO_4)_3 . 24 H_2O$ von Kaliumchlorat $KClO_3$ und von doppeltchromsaurem Kalium $K_2Cr_2O_7$.

Blockkieserit $MgSO_4 . H_2O$ und Bittersalz $MgSO_4 . 7 H_2O$. Es wurde schon erwähnt, dass bei der Chlorkaliumgewinnung nach dem Kochen des Rohcarnallites mit $MgCl_2$ lösung Kieserit und Steinsalz als unlöslicher Schlamm (B) hinterbleiben. Nachdem durch Waschen und Schlämmen mit kaltem Wasser das Steinsalz aufgelöst und entfernt ist, wird der gereinigte Kieseritschlamm rasch in Formen eingeschöpft, worin er nach kurzer Zeit (15 Minuten) zu einer festen Masse, dem sog. Blockkieserit erstarrt.

Diese Blöcke, die ein Gewicht von ca 20 kg haben mögen, werden zum grossen Teil nach England an die Bittersalzfabriken verkauft, der Rest wird in Stassfurt selbst verarbeitet.

Die Fabrikation von Bittersalz, die namentlich in England und Amerika in grossem Maasstab ausgeführt wird, gründet sich darauf, dass der Kieserit mit Wasser in innige Berührung gebracht Wasser aufnimmt und in lösliches Bittersalz übergeht. Der Blockkieserit wird in heissem Wasser aufgelöst; aus der Lösung scheiden sich dann die Krystalle des Bittersalzes aus.

Die Hauptanwendung des Bittersalzes erfolgt für die Appretur und Beschwerung von Geweben, besonders der leichten Baumwollstoffe. Die nach den Tropen exportirten Stoffe werden zum grossen Teil stark appretirt, so dass sie ein seidenähnliches Aussehen und eine steife Beschaffenheit erhalten.

Glaubersalz $Na_2SO_4 . 10 H_2O$. Die Herstellung dieses Salzes gründet sich darauf, dass in einer wässerigen Lösung, worin Chlornatrium und Magnesiumsulfat enthalten sind, bei Temperaturen unter 0° eine Umsetzung stattfindet:

$$2\,Na\boxed{Cl + Mg}SO_4 = MgCl_2 + Na_2SO_4$$

und dass das Natriumsulfat in Verbindung mit Krystallwasser auskrystallisirt, während das Chlormagnesium in Lösung bleibt. Für diese Fabrikation, die nur im Winter betrieben wird, verwendet man den bei der Verarbeitung des Rohcarnallites erhaltenen unlöslichen Rückstand (B), bringt ihn mit Wasser in Auflösung und lässt aus dieser Lösung das Glaubersalz bei kaltem Wetter in flachen Krystallisirgefässen auskrystallisiren.

Das so erhaltene Glaubersalz wird hauptsächlich in den Glasfabriken für die Herstellung von farblosem Glas verwendet.

Kaliummagnesiumsulfat $K_2SO_4 . MgSO_4$. Der in verschiedenen Bergwerken geförderte Rohkainit enthält ausser dem Kainit $K_2SO_4 . MgSO_4 . MgCl_2 . 6 H_2O$ stets noch grössere Mengen Steinsalz.

Ein grosser Teil des Rohkainites wird im gemahlenen Zustand als Kaliumdünger verkauft; da jedoch sein bedeutender Gehalt an Chlorverbindungen ($MgCl_2$ und $NaCl$) vielfach schädliche Wirkungen auf die Pflanzen ausübt, wird er für Düngezwecke besser auf reinere Produkte verarbeitet.

Die erste Operation der Verarbeitung soll das Steinsalz abscheiden. Man kocht den Rohkainit mit einer starken $MgCl_2$lösung; Steinsalz bleibt darin unlöslich, das Übrige wird

zum Teil in feinen Schlamm verwandelt, zum Teil gelöst. Der gemahlene Kainit und die $MgCl_2$ lösung werden in einem cylinderförmigen Sieb (Trommelsieb), das sich in einem Kessel befindet, mit Dampf auf etwa 4 Atmosphären Druck erhitzt. Nach etwa halbstündigem Erhitzen kann man ablassen: die $MgCl_2$ lösung und das als feiner Schlamm ausgeschiedene Precht'sche Doppelsalz $K_2SO_4 . 2MgSO_4$ fliessen ab, die Steinsalzstücke bleiben im Sieb zurück.

Die zweite Operation hat den Zweck aus dem Precht'schen Doppelsalz die Hälfte des Magnesiumsulfates abzuspalten und zu lösen. Nachdem der Schlamm des Doppelsalzes von der heissen $MgCl_2$ lauge getrennt ist, wird er in Rührgefässen mit Wasser gerührt; die Hälfte des Magnesiumsulfates wird aufgelöst und entsteht ein neues Doppelsalz $K_2SO_4 . MgSO_4 . 6H_2O$, der künstliche Schönit. Nachdem die $MgSO_4$ enthaltende Lösung abgelaufen ist, wird der Rückstand in Öfen getrocknet, dann in Mühlen gemahlen und das Pulver in Säcke verpackt. Das Produkt, Kalium-Magnesiumsulfat oder schwefelsaure Kali-Magnesia genannt, wird mit einem Minimalgehalt von 48 % K_2SO_4 hergestellt; es hat ausschliesslich in der Landwirtschaft als Kaliumdünger Verwendung.

Die vom Precht'schen Doppelsalz abgelaufene Lauge gibt beim Eindampfen eine Krystallisation von Chlorkalium, die übrig bleibende Mutterlauge, die $MgCl_2$ und $MgSO_4$ enthält, kann zur Löselauge für Rohkainit oder Rohcarnallit verwendet werden.

Kaliumsulfat K_2SO_4. Zur Herstellung des Kaliumsulfates verwendet man Schönit und Chlorkalium. Wenn Schönit in eine heiss gesättigte Lösung von Chlorkalium eingetragen wird, dann entsteht folgende Umsetzung:

$$K_2SO_4 . Mg\boxed{SO_4 + 2K}Cl = 2K_2SO_4 + MgCl_2$$

Das sich ausscheidende Kaliumsulfat wird von der Mutterlauge getrennt, durch Decken gereinigt und im Trockenapparat getrocknet.

Das Kaliumsulfat, schwefelsaures Kali, findet einerseits Verwendung in der Landwirtschaft als hochconcentrirter Kaliumdünger und andererseits in der chemischen Industrie zur Herstellung von Potasche, Alaun, Salpeter, doppeltchromsaurem Kalium.

Chlormagnesium $MgCl_2$. Die bei der Carnallitverarbeitung in grossen Mengen erhaltenen Endlaugen enthalten durchschnittlich gegen 30 % $MgCl_2$ und daneben kleine Mengen $MgSO_4$, KCl, $NaCl$ und $MgBr_2$. Ein Teil der Endlaugen wird zur Gewinnung von Chlormagnesium verarbeitet und zu diesem Zweck so stark eingedampft, dass die Lösung beim Erkalten zu einer strahligen Masse erstarrt. Dieses krystallisirte Chlormagnesium hat die Formel $MgCl_2 . 6H_2O$. Durch stärkeres Eindampfen oder Erhitzen in Öfen lässt sich das Krystallwasser austreiben, man erhält dann das geschmolzene Chlormagnesium.

Die Hauptverwendung des Chlormagnesiums erfolgt zur Appretur der baumwollenen Gewebe und zum Imprägniren von Holz.

Brom. Trotzdem in den Endlaugen der Carnallitverarbeitung nur $^2/_{10}$—$^3/_{10}$ % Brommagnesium $MgBr_2$ enthalten ist, können sie doch zur Bromgewinnung verwendet werden.

Nach dem neueren Verfahren wird durch Einwirkung von Chlor das Brom aus dem Brommagnesium freigemacht.

$$MgBr_2 + Cl_2 = MgCl_2 + Br_2$$

Das Brom wird durch Wärme verdampft und die Bromdämpfe in einer Kühlvorrichtung verflüssigt. Das Brom wird in gut verschlossenen Gefässen versendet.

In den Fabriken von Stassfurt ist man im Begriff zur Bromherstellung das allerneueste Verfahren, die Gewinnung durch Elektrolyse einzuführen und dafür die entsprechenden Anlagen zu bauen. Genaueres über diese Gewinnung war indessen bis jetzt nicht zu erfahren.

Von den Endlaugen werden etwa $^2/_3$ auf Brom verarbeitet, daraus werden per Jahr ca 400 000 kg Brom hergestellt.

Weil nicht alle Verkehrsanstalten das flüssige Brom zum Transport annehmen, wird noch festes Bromeisen hergestellt. Leitet man die Bromdämpfe über feuchte Eisenspähne, so verbinden sich Brom und Eisen mit einander, es entsteht Eisenbromür $FeBr_2$. Löst man dieses in Wasser auf und setzt noch mehr Brom zu, so entsteht Eisenbromürbromid Fe_3Br_8. Dampft man diese Lösung ein, so hinterbleibt das Eisenbromürbromid als dunkle, feste Masse, die in den Handel gebracht werden kann.

Die grösste Menge des Broms wird verwendet für die Herstellung von Bromkalium KBr (Photographie und Medicin). Brom wird ferner in der Farbenindustrie zur Herstellung der bromhaltigen Eosinfarben verwendet und dient auch als kräftiges Desinfektionsmittel.

Borsäure H_3BO_3. Der gereinigte Stassfurtit wird durch Zersetzung mit verdünnter Salzsäure oder verdünnter Schwefelsäure auf Borsäure verarbeitet:

$$Mg_3B_8O_{15} + 6HCl + 9H_2O = 3MgCl_2 + 8H_3BO_3$$

Aus der erhaltenen Auflösung scheidet sich die Borsäure in schuppenförmigen Krystallen aus.

Die Borsäure hat hauptsächlich Verwendung zur Herstellung des Borax; dieser wird besonders verwendet als Flussmittel, zum Schweissen, Löthen und als Waschmittel.

Das Verkaufssyndikat der Kaliwerke zu Leopoldshall-Stassfurt hat mir in sehr zuvorkommender Weise den Besuch der Bergwerke und Fabriken zu Stassfurt und Vienenburg ermöglicht und mir ausserdem eine Sammlung der sämtlichen Stassfurtersalze für Unterrichtszwecke zugestellt.

Die Gewinnung und Verarbeitung des Zinnsteins im Erzgebirge.

I. Über den Bau des Erzgebirges.

In den deutschen Mittelgebirgen bildet das wenig umfangreiche Fichtelgebirge einen Knotenpunkt und daher die Wasserscheide für die südwärts, nach der Donau fliessende Naab, für den westwärts, dem Rhein zufliessenden Main, für die nach Norden, der Elbe zufliessende Saale und für den nach Osten, ebenfalls der Elbe zufliessenden Eger.

Vom Fichtelgebirge weg zieht in nordöstlicher Richtung ein etwa 40 km breiter Gebirgszug, der mit einer Längenerstreckung von 150 km bis in die Nähe der Elbe reicht. Dieser Gebirgszug hat schon im Mittelalter durch die zahlreichen Erzlagerstätten eine besondere Bedeutung erlangt; an verschiedenen Stellen sind die Erze durch Bergbau gewonnen und daraus Metalle hergestellt worden. Von der Mitte des 16 ten Jahrhunderts an wurden diese Bergbaugebiete „die Erzgebirge" genannt und um die Mitte des 18 ten Jahrhunderts wurde die Benennung Erzgebirge auf den ganzen Gebirgszug übertragen. Das Erzgebirge bildet auf seiner ganzen Längenerstreckung die deutsch-österreichische Grenze; der Nordabhang gehört zum Königreich Sachsen, der Südabhang zum Königreich Böhmen.

Die Fortsetzung des Erzgebirges in nordöstlicher Richtung ist das zu beiden Seiten der Elbe gelegene, seinem Alter und seiner Gesteinsbeschaffenheit nach ganz verschiedene Elbsandsteingebirge (sächsische Schweiz).

Geht man von Norden her, von der Eisenbahnlinie Zwickau-Chemnitz-Freiberg-Dresden nach dem Erzgebirge, so gelangt man über sanft aufsteigende, ausgedehnte Hochflächen zu der die Wasserscheide bildenden Kammlinie, die eine Höhe von etwa 800 m hat und grösstenteils schon auf böhmischem Gebiet liegt. Aus den schwach geneigten Hochflächen sind von einigen Flüssen tiefe Täler mit vielen Krümmungen herausgearbeitet worden. Im höhern Teil des Erzgebirges liegen die Ortschaften nicht in den Tälern, sondern auf den Hochflächen; die Landstrassen führen über die Hochflächen hin.

Südlich von der Kammlinie bricht das Erzgebirge steil gegen das am Südfuss befindliche und mit dem Gebirge gleichlaufende Tal des Egers und der Biela ab.

Das Erzgebirge ist kein Ketten- oder Faltengebirge wie die Alpen und der Jura, sondern ist durch Bildung von Brüchen und Spalten und Einsinken gewisser Teile der festen Erdkruste entstanden; das Erzgebirge gehört zu den Bruch- oder Horstgebirgen. Im Beginn der Tertiärzeit bildeten sich ungefähr in der Richtung des heutigen Egerlaufes mehrere Brüche; der nördliche Teil des böhmischen Landes sank längs den Bruchflächen in die Tiefe. Durch diese Senkung oder Dislokation entstand das Tal worin der Eger fliesst, sowie auch der daran anstossende sogenannte nordböhmische Kessel. Der von der Kammlinie nach dem Egertal abfallende Steilabfall des Erzgebirges entspricht dem stehengebliebenen Teil der Erdkruste, es ist der Bruchrand des böhmischen Kessels.

Nach dem Einsinken von Erdkrustenteilen hat in den Senkungsgebieten vielfach vulkanische Tätigkeit stattgefunden. Auch im nordböhmischen Kessel trat eine lebhafte vulkanische Tätigkeit ein; es erfolgte der Ausbruch gewaltiger Lavamassen und die Bildung vieler Fumarolen. Die Lavamassen finden wir heute als das Baumaterial der kegelförmigen Basaltkuppen, die besonders in der Umgebung von Karlsbad und Aussig auffällig sind, während als Überrest der Fumarolen die zahlreichen heissen Quellen (Thermen) geblieben sind, die zufolge ihrer Heilwirkungen einen grossen Ruf haben. (Thermen von Karlsbad, Teplitz u. a.) Im Verlauf der Tertiärzeit kam es im nordböhmischen Kessel noch zur Ablagerung gewaltiger Mengen von Pflanzensubstanz, die sich seither in die bedeutenden Braunkohlenablagerungen verwandelt haben; sie sind die Ursache für die böhmische Braunkohlenindustrie.

Durch die absinkende Scholle des böhmischen Landes wurde der stehengebliebene Horst von der Südseite her in die Höhe gedrückt und entstand die gegen Norden geneigte Tafel des Erzgebirges.

Die Gesteine, aus denen das Erzgebirge aufgebaut ist, sind ganz alte Gesteine, sog. Urgesteine, sie gehören zum grössten Teil dem archäischen Zeitalter an; nur ein kleiner Teil gehört zum Zeitalter des Kambriums und zu jüngern Zeitaltern. Die Hauptmasse des Erzgebirges wird aus den drei Gesteinsarten Gneiss, Glimmerschiefer und Phyllit gebildet.

Schon in alter Zeit, wahrscheinlich im Zeitalter des Perms, haben an vielen Stellen in der Gesteinmasse des Erzgebirges Ausbrüche oder Ergüsse (Eruptionen) von geschmolzenen Gesteinen stattgefunden und sind grosse Massen von Erguss- oder Eruptivgesteinen, namentlich von Granit und Porphyr (Quarzporphyr und Felsitporphyr) entstanden. Diese Ergussgesteine findet man heute einesteils in Gestalt von Decken, die über die ältern Gesteine ausgebreitet sind, andernteils bilden sie von unten aufsteigende, die Spalten des ursprünglichen Gesteins ausfüllende Gänge. An verschiedenen Orten haben die Gänge so grosse Ausdehnungen, dass sie mächtige Stöcke uud Kuppen, die sogenannten Quellkuppen bilden. Die Quellkuppen, speziell diejenigen von Altenberg und Zinnwald erheben sich an der Erdoberfläche nicht über die Oberfläche des Nebengesteins hinauf, sondern sind ganz im Nebengestein eingeschlossen. — Man hat früher die Ansicht gehabt, dass die Eruptivgesteine die Ursache der Gebirgsbildung seien und dass sie bei ihrem Ausbruch die Schichten in die Höhe gehoben hätten. Die neueren Forschungen haben ergeben, dass die Eruptivgesteine nirgends im Stande waren, ganze Schichten zu heben. Im Erzgebirge erfolgten zudem diese Ausbrüche in viel früherer Zeit als die Ausbildung des Gebirges selbst.

Ausser dem aus Gneiss und alten Schiefern bestehenden Grundgerüst und den darin steckenden Gängen und Kuppen von Granit und Porphyr ist noch ein dritter Bestandteil — freilich der Masse nach in bedeutend untergeordneter Weise — am Aufbau des Erzgebirges beteiligt, das sind die Erzgänge. In Gneiss und Schiefer finden sich Erzgänge von silberhaltigem Bleiglanz, Zinkblende und Silbererzen, in den Granitkuppen finden sich Zinnsteingänge. Von allen Gebirgsbestandteilen haben gerade die Erzgänge die grösste praktische Bedeutung erlangt: sie haben Veranlassung gegeben zur Entstehung des Bergbaus und zur Gewinnung der verschiedenen Metalle, besonders von Silber, Blei, Zink, Kupfer und Zinn.

Sowol vom Standpunkt der Geologie, wie der Bergbaukunde, hat man viel über die Entstehung der Erzgänge nachgeforscht; aber trotz aller Forschungen ist ihre Entstehung noch nicht mit der wünschbaren Sicherheit aufgeklärt worden.

Früher war hauptsächlich die Ansicht verbreitet, dass die Verbindungen der schweren Metalle, die in ganz kleinen Mengen im Gestein verteilt sind, durch von oben eindringendes

Wasser aufgelöst worden seien, dass diese Lösungen dann in die Spalten gerieten und dass die gelösten Stoffe hier wieder ausgeschieden worden seien. (Theorie der Auslaugung oder Lateralsekretion.) Das Wesentliche dieser Theorie liegt darin, dass sie das Nebengestein des Ganges als den ursprünglichen Träger der Gangfüllung bezeichnet und dass namentlich die Erzmasse des Ganges in Form wässeriger Lösung in die Gangspalte geführt worden sei. Die Theorie der Auslaugung ist besonders von J. v. Charpentier († 1805) und Bischof ausgebildet worden und hat später in Sandberger einen eifrigen Vertreter gefunden.

Neben der Auslaugungstheorie ist eine zweite Theorie entstanden, die mehr und mehr allgemeine Annahme findet.*) Die Gangausfüllung steht nach dieser Theorie mit vulkanischen Vorgängen im Zusammenhang; sie kommt dadurch zu Stande, dass aus den in der Tiefe liegenden flüssigen Gesteinsmassen, dem Magma, Dämpfe oder heisse Wasser durch die Spalten aufsteigen und die mitgeführten Metallverbindungen an den Wänden der Spalten absetzen. Die Ausströmungen von Dämpfen und heissen Lösungen nennt man Exhalationen und Fumarolen. Diese Theorie, die man die Ascensionstheorie nennt, ist von den Geologen A. W. Stelzner, E. Süss u. a. ausgebildet worden; ihr Wesen besteht darin, dass sie die Erzfüllungen der Gänge mit dem Vulkanismus in Zusammenhang bringt, dass sie das Magma als ursprünglichen Träger der Metallverbindungen bezeichnet und einen Transport in vertikaler Richtung annimmt.

II. Über die Geschichte des Berg- und Hüttenwesens.

Der Erzreichtum führte schon in früher Zeit zur Besiedelung des Erzgebirges, wenigstens ist von einer ganzen Anzahl Flecken und Städte nachgewiesen, dass sie dem Bergbau ihre Entstehung verdanken. Zu diesen Städten gehört in erster Linie die Stadt Freiberg. Die Gründung von Freiberg steht in engem Zusammenhang mit der Gründung des dortigen Bergbaues; die Jahre 1162—1180 werden als Zeit der Gründung angegeben. Am Obermarkt zu Freiberg an einem Eckhaus befindet sich eine in Stein ausgehauene Bergmannsfigur, darunter steht: „Freibergs erste Zeche 1171.“ Auf dem Obermarktplatz befindet sich ein Brunnen mit dem Bronzestandbild von Otto dem Reichen und der Inschrift: „Otto der Reiche, Markgraf zu Meissen, gründet die Stadt Freiberg zur Förderung und zum Schutze des hier entstandenen Bergbaus um das Jahr 1180.“

Über die erste Entwicklung des Bergbaus von Freiberg und Umgebung weiss man nur wenig, weil schriftliche Aufzeichnungen aus jener Zeit selten sind. Jedenfalls waren es zuerst die Silbererze, die ausgebeutet wurden. Infolge der bedeutenden Einkünfte hatten die Landesfürsten ein Interesse am Bergbau und waren für dessen Förderung bestrebt. Mit sehr wechselvollen Schicksalen hat sich dann der Bergbau sowol in Sachsen, wie in Böhmen über das ganze Erzgebirge ausgebreitet.

Das gesamte Berg- und Hüttenwesen ist ursprünglich durch Zufälle, durch Probiren und durch allmählig erworbene Erfahrungen entstanden. Auf die Entwicklung des Berg- und Hüttenwesens der Neuzeit haben die in Freiberg gegründeten Unterrichtsanstalten einen bedeutenden Einfluss ausgeübt: Vom Jahr 1765 an datirt die Bergakademie von Freiberg zur Ausbildung von Berg- und Hüttenleuten der höhern Stufe, vom folgenden Jahr datirt die Bergschule für die Ausbildung von Bergbeamten der mittleren Stufe (Aufseher, Steiger und Werkmeister).

*) A. W. Stelzner: Zur Entstehung der Erzgänge im Erzgebirge, Zeitschrift für prakt. Geologie 1896

Unter den im Erzgebirge gewonnenen Erzen nimmt das Zinnerz, der sog. Zinnstein eine ganz eigenartige Stellung ein; im Folgenden sollen dessen Lagerstätten, Gewinnung und Verarbeitung besprochen werden.

III. Die Lagerstätten des Zinnsteins.

Das Zinn kommt als Metall in der Natur nicht in nennenswerter Menge vor; es gibt nur ein einziges Erz, der Zinnstein oder Kassiterit SnO_2, das für die Gewinnung des Zinns Verwendung findet. Alles im Gebrauch befindliche Zinn stammt aus dem Zinnstein.

Die Lagerstätten des Zinnsteins sind nicht sehr verbreitet; sie finden sich nur in einzelnen Gebieten, die in ihrem Bau grosse Übereinstimmung und ähnliche Verhältnisse zeigen.

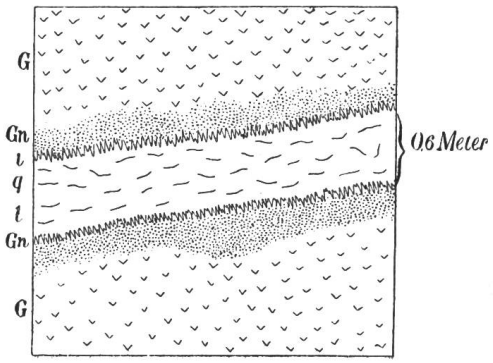
Das Hauptgebiet für Zinnstein erstreckt sich von der zu Hinterindien gehörenden Halbinsel Malakka durch den indischen Archipel, über die Zinninseln Bangka (Banka) und Blitong (Billiton) nach der Nordspitze von Australien, dem Kap York. Von da erstrecken sich Zinnsteinlager in südlicher Richtung durch die australischen Staaten Queensland, Neu-Süd-Wales und Viktoria und reichen noch auf die Insel Tasmania. — Ein weiteres Zinnsteingebiet ist der südwestliche Teil von England, die Halbinsel, auf der die Grafschaften Cornwall und Devonshire liegen. — Ein drittes Zinnsteingebiet ist das Erzgebirge.

Wie bei andern Mineralien, teilt man auch beim Zinnstein die Lagerstätten ein in ursprüngliche oder primäre und nachträglich gebildete oder sekundäre.

Die primären Lagerstätten des Zinnsteins sind im Erzgebirge stets an kieselsäurereiche, sog. saure Eruptivgesteine, besonders an Granit gebunden. Der Zinnstein findet sich in den granitischen Quellkuppen, aber auch in der Umgebung, im anstossenden Nebengestein, zuweilen bis auf beträchtliche Entfernung von den Granitkuppen. Die wichtigsten zinnsteinführenden Granitkuppen des Erzgebirges befinden sich in Altenberg, Zinnwald, Graupen, Geyer und Ehrenfriedersdorf. Ein eigentlicher Zinnsteinbergbau wird aber nur noch in Altenberg und Zinnwald ausgeführt.

Die Grundform der Zinnerzlagerstätten sind stets die Imprägnationsklüfte. Diese sind engere oder breitere Klüfte, die bald leer, bald mit erzhaltiger Gangmasse ausgefüllt sind. Die Gangfüllung besteht hauptsächlich aus Quarz, Lithionglimmer und Zinnstein, charakteristisch sind ferner die fluorhaltigen Mineralien Flusspat und Topas. (Fig. 5)

Fig. 5



Imprägnationskluft in Zinnwald

(Nach K. Dalmer)

G Granit
Gn Greisen
l Lithionglimmer
q Quarz

Man nimmt an, die Imprägnationsklüfte seien von eruptivem Ursprung.*) Nach dem das breiartige Granitmagma durch die Gesteine des archäichen Zeitalters emporgedrückt war, begann es zu erkalten und bildete sich eine von aussen nach innen immer dicker werdende Erstarrungskruste. Durch weitere Nachschübe von Granitbrei wurde auf die schon erstarrte und fest gewordene Kruste und das daran anstossende Nebengestein ein Druck ausgeübt; an vielen Stellen kam es zum Aufreissen und zur Bildung von Spalten, sowol in der Kruste des Eruptivgesteins, wie auch im anliegenden Nebengestein.

Nachdem durch die Spalten ein Weg geöffnet war, konnten die bis dahin im Granitmagma eingeschlossenen Gase und Dämpfe ausströmen; es entstand die „granitische Fumarolentätigkeit". Man hat Gründe anzunehmen, dass aus dem Granitmagma Metallverbindungen wie z. B. Fluorzinn und Chlorzinn aufgestiegen seien. Wenn mit diesen Exhalationen noch Wasserdampf ausströmte, so konnte in den obern Teilen der Spalten, wo sich die Dämpfe abkühlten, eine Umsetzung stattfinden, so dass sich Zinnoxyd oder Zinnstein absetzte.

Diese Theorie der Zinnsteingangausfüllung findet eine Stütze in den Versuchen von Daubrée, durch die er aus Fluorzinn und Wasserdampf den Zinnstein künstlich herstellen konnte. Die Theorie wird weiter dadurch unterstützt, dass in den Zinnsteingängen und deren Umgebung fluorhaltige Mineralien in bedeutenden Mengen vorhanden sind, von denen besonders der Lithionglimmer (mit 2,8 % Fl) und der Flusspat $CaFl_2$ (mit 48,7 % Fl) in der Gangausfüllung häufig sind. Im granitischen Nebengestein dagegen findet sich in wesentlichen Mengen (bis über 12 %) Topas, der nach seiner Formel $Al_{10}Si_5O_{25} . Al_2SiFl_{10}$ selbst 17,6 % Fl enthält. Wichtig ist weiter, dass in den verschiedenen Mineralien der Gangausfüllung und der Umgebung auch Chlor in geringer Menge nachgewiesen worden ist.

Die Theorie der Entstehung der Zinnsteingänge durch Exhalationen und Fumarolentätigkeit findet eine weitere Stütze in den Imprägnationszonen. Fast durchgängig ist das zu beiden Seiten der Imprägnationsklüfte und der zinnsteinführenden Gänge befindliche granitische Nebengestein sehr stark verändert, metamorphosirt. Die Ausdehnung der Metamorphose ist verschieden, bald erstreckt sie sich nur wenige Millimeter von der Kluft weg, bald bis auf einige Meter. In den Zonen der Metamorphose ist vor allem der Feldspat des ursprünglichen Granites verändert, umgewandelt und meist völlig verdrängt. Der Feldspat ist ja überhaupt derjenige Bestandteil, der am leichtesten angegriffen und zersetzt wird. Derartige feldspatlose Granite, die im Wesentlichen aus Quarz und Glimmer bestehen, bezeichnet man mit der alten bergmännischen Bezeichnung Greisen. An Stelle des Feldspates enthält der Greisen einen grünen Glimmer, sowie beträchtliche Mengen von Topas. Der Topas bildet kleine grüne Körnchen, stellenweise auch grössere säulenförmige Krystalle; vereinzelt finden sich die säulenförmigen Topaskrystalle zu einer eigentlichen stengeligen Topasart ausgebildet, die man Pyknit genannt hat.

Von den Imprägnationsklüften aus erfolgte eine Durchdringung oder Imprägnation der metamorphosirten Granitzone mit Zinnsteinsubstanz. Der Greisen enthält daher fast stets Zinnstein, zum Teil in ganz feiner Verteilung, so dass die einzelnen Zinnsteinkörner von blossem Auge nicht erkennbar sind, zum Teil auch in grösseren, sichtbaren Körnern und körnigen Massen. Diese zinnsteinführenden Greisenarten, die bis 1,5 % Zinnstein enthalten können, haben für den Zinnbergbau Bedeutung und haben von den Bergleuten des Erzgebirges den Namen „Zwitter" erhalten.

*) K. Dalmer: der Altenberg-Graupener Zinnerzlagerstättendistrikt, Zeitschr. f. prakt. Geologie 1894

Was die räumliche Anordnung der Imprägnationsklüfte und -zonen anbetrifft, so finden sie sich an den Grenzen der Granitkuppen gegen das Nebengestein, in der Art, dass die äusseren, peripherischen Teile zinnsteinführend sind, also ein äusserer zinnsteinführender Mantel über einen erzarmen Granitkern gelagert ist. Die zinnsteinführenden Gänge und Zonen sind aber nicht nur auf die Granitkuppe beschränkt, sondern erstrecken sich auch noch in das Nebengestein hinaus. An verschiedenen Orten ist durch den Bergbau der Nachweis geliefert worden, dass die Zinnsteinführung des Granitstockes nach der Tiefe abnimmt.

Der Zwitterstock von Altenberg. Unmittelbar am Ostende des auf der Hochfläche des Erzgebirges liegenden Städtchens Altenberg befindet sich die bekannte grosse Pinge. Es ist das ein ovaler Einsturztrichter, der einen Flächenraum von etwa $2^1/_2$ Hektaren umfasst und 80 m tief war. Der Einsturz erfolgte im Jahre 1620 infolge des hier betriebenen Zinnbergbaus. Seither sind die steilen Wände der Pinge stark in Verwitterung übergegangen, es haben sich am Fuss Schutthalden gebildet und der Schutt hat den tiefsten Teil des Trichters überdeckt.

Das Gestein, worin der Zinnbergbau betrieben wurde und worin die grosse Pinge entstanden ist, ist der oberste Teil einer Granitkuppe, sowie das aus Porphyr bestehende Nebengestein. Der oberste Teil der Granitkuppe ist von einem ganzen Netzwerk von Klüften durchzogen, von denen aus der gesamte obere Teil des Granites in einen topas- und zinnsteinführenden Greisen umgewandelt wurde. Im altenberger Zwitterstock sind neben dem Zinnstein noch verschiedene andere Erze vorhanden; von diesen hat das eingesprengte Wismut besondere Wichtigkeit.

Die Granitkuppe von Zinnwald.*) Etwa $^3/_4$ Stunden südlich vom Städtchen Altenberg, ganz oben auf der Hochfläche des Erzgebirges, nahe der Kammlinie, liegt das Dorf Zinnwald, dessen Namen von der Zinngewinnung herkommt. Die sächsisch-böhmische Grenze geht mitten durch das Dorf und zerfällt es infolge dessen in sächsisch Zinnwald und böhmisch Zinnwald.

Im Dorf Zinnwald geht der Kopf einer elliptischen Granitkuppe zu Tage aus, deren Horizontaldurchmesser in der Längerichtung 1200 m und in der Breitenrichtung 300 m beträgt. (Fig. 6)

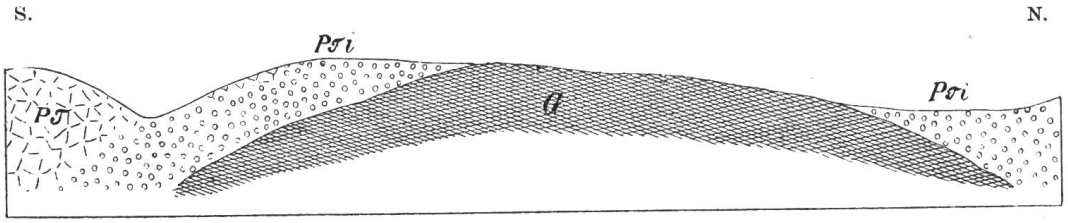


Fig. 6 (Nach K. Dalmer)

Profil durch die Granitkuppe von Zinnwald
Maasstab 1 : 25 000
G Granit (Quellkuppe)
P_{Ti} Imprägnationszone
P_T Quarzporphyr (Nebengestein)

*) H. Credner: geolog. Specialkarte des Königreichs Sachsen 1 : 25 000. Blatt Altenberg-Zinnwald nebst Text von K. Dalmer 1890

Nach der Tiefe wird die horizontale Ausbreitung der Kuppe immer grösser. Diese Kuppe betrachtet man, wie den Zwitterstock von Altenberg, als eine Quellkuppe, d. h. als eine Granitmasse, die im breiartigen Zustand durch den schon vorhandenen Porphyr hindurch geschoben wurde. Die peripherischen Teile der Kuppe sind von vielen Gängen durchzogen, deren Gangmasse, hauptsächlich aus Quarz, Lithionglimmer (Zinnwaldit), Flusspat, Zinnstein und Wolframit besteht. Diese Gänge nennen die Bergleute die steilen Gänge.

Ausser den steilstehenden Gängen gibt es in der zinnwalder Granitkuppe noch eine zweite Art von Gängen, die zufolge ihrer flachen Lage schwebende Gänge oder Flötze genannt werden. Auch die schwebenden Gänge sind nur in den obern und äusseren Teilen der Kuppe vorhanden. Ihr Verlauf entspricht ungefähr der äussern Begrenzungsfläche der Granitkuppe, in der Mitte der Kuppe verlaufen sie horizontal, gegen die Seiten fallen sie ab; nach dem Ausdruck von Dr. K. Dalmer haben sie die Form von „nach unten gekehrten Schüsseln". Die Gangfüllung ist die gleiche, wie bei den steilen Gängen.

Dr. K. Dalmer, der die geologische Karte der Gegend aufgenommen hat, schreibt die Ursache der Bildung der schwebenden Gänge der Hebung und dem Druck zu, den das mit Dämpfen beladene Granitmagma auf die schon erstarrten obern Teile der Kuppe ausübte. Die Ausfüllung der schwebenden Gänge erfolgte von den sie durchkreuzenden steilen Gängen aus.

Das zu beiden Seiten befindliche Nebengestein ist stark metamorphosirt und in einen zinnsteinführenden Greisen umgewandelt.

Die Hauptbedeutung haben die schwebenden Gänge, die nicht nur Zinnstein, sondern auch Wolframit als nutzbares Erz liefern. Der Wolframit, von den Bergleuten in ungenauer Weise Wolfram genannt, kann als Verbindung von wolframsaurem Eisen und wolframsauren Mangan aufgefasst werden: $FeWO_4 . MnWO_4 = Fe, MnWO_4$. Der zinnwalder Wolframit ist manganreich und gehört daher zum Manganowolframit. Der Wolframit bildet hauptsächlich Körner und Krystalle; oft kommt er in Krystallen vor, die mehrere Centimeter gross sind, zuweilen sind auch schon zentnerschwere, derbe Wolframitmassen gefunden worden. — In kleinen Mengen kommt auch das, wahrscheinlich durch Zersetzung des Wolframites entstandene, wolframhaltige Mineral Scheelit $CaWO_4$ (wolframsaures Calcium) vor.

Die an die Oberfläche der Erde hinaufragenden Teile der zinnsteinführenden Granitkuppen zerfallen, wie andere Gesteine, durch Verwitterung in Stücke. Im entstandenen Verwitterungsschutt sind die Stücke des Zinnsteins und der begleitenden Erze mit den Stücken des Granites und der umgebenden Gesteine vermischt. Der Zinnstein gelangt nun auf die sekundären Lagerstätten.

Die Erze unterscheiden sich von den gewöhnlichen Gesteinsarten durch die grosse Verschiedenheit der Schwere. Es betragen die specifischen Gewichte bei: Zinnstein 7, Wolframit 7,5, Bleiglanz 7,5, Arsenkies 6, Wismut 9,7, Wismutglanz 6,5, dagegen bei den drei Granitbestandteilen: Quarz 2,65, Glimmer 2,8—3,1, Feldspat 2,5—2,7.

Der Verwitterungsschutt wird gelegentlich von Wasser durchflossen und durch das fliessende Wasser in die Täler hinuntergeführt. Die leichten Gesteinsstücke werden viel schneller fortgeführt als die schweren Erzstücke. Durch diesen in der Natur unaufhaltsam vor sich gehenden Schlämmvorgang, wird in den angeschwemmten Schuttmassen (Alluvionen) der Gehalt an Zinnstein beträchtlich grösser, als er im ursprünglichen, zinnsteinführenden Muttergestein gewesen war. Diese durch das Schlämmen entstandenen, zinnstein-

haltigen Schuttmassen nennt man in der bergmännischen Sprache Zinnseifen oder Zinnwäschen. — In ähnlicher Weise entstehen auch die Gold-, Platin- und Diamantseifen.

Im Erzgebirge waren früher in der Umgebung der zinnsteinführenden Granitkuppen Zinnseifen vorhanden; infolge der lebhaften Ausbeutung für die Zinngewinnung ist ihr Gehalt an Zinnstein unbedeutend geworden.

IV. Die Gewinnung des Zinnsteins.

A. Die Seifenarbeit.

In allen Gebieten, wo Zinnstein vorkommt, wurden zuerst stets die sekundären Lagerstätten, d. h. die Zinnseifen, zur Gewinnung des Zinnsteins und zur Herstellung des metallischen Zinns verwendet. Der in der Natur sich abspielende Schlämmvorgang erzeugte die Anreicherung des Zinnsteins in den Zinnseifen; er leistete selbst den Anfang der Arbeit, die zur Zinnsteingewinnung nötig ist. Die Menschen brauchten den begonnenen Schlämmvorgang nur noch bis zur völligen Trennung des Zinnsteins von den andern Schuttbestandteilen weiterzuführen.

Über die Anfänge der Zinnseifenausbeutung*) im Erzgebirge weiss man sehr wenig, aber jedenfalls ist sie sehr alt und verliert sich im Dunkel der Vorzeit. Das Verfahren, die sog. „Seifenarbeit“, wie es sich im Erzgebirge bis zum Ende des vorigen Jahrhunderts und vereinzelt bis in den Anfang von unserm Jahrhundert ausgebildet hatte, wurde ungefähr in folgender Weise ausgeführt: In den zinnsteinführenden Schuttablagerungen, dem „Seifengebirge“ errichteten die „Seifner“ einen langen, zwei Fuss breiten, stark fallenden Graben, die „Flösse“. Von einem Bach wurde die nötige Wassermenge durch den Graben geleitet. Der eine Teil der Arbeiter hatte den zinnsteinhaltigen Schuttboden mit Schaufeln abzustechen und den Schutt in den Wasserstrom zu werfen. Die andern Arbeiter standen im Wasserstrom und hoben mit der „Seifengabel“ die groben Stücke heraus und brachten gleichzeitig den Grabeninhalt in Bewegung, so dass die leichtern Teile vom Wasser fortgeführt werden konnten. Bei Gräben von geringer Länge wurde am Ende ein Querdamm angebracht, damit hier das Wasser bis zu einer gewissen Höhe gestaut wurde und sich der schwere Zinnsteinstaub oberhalb des Dammes absetzen konnte. — War das umgebende Seifengebirge verarbeitet, so stellte man den Wasserzufluss ab und hob den immer noch viel Sand enthaltenden Zinnsteinstaub aus dem Graben heraus. Die völlige Reinigung wurde durch weiteres Schlämmen in hölzernen Trögen oder in hölzernen Rinnen, die man „Läuterhobel“ nannte, ausgeführt. — Die grössern zinnsteinhaltigen Gesteinsstücke wurden zusammen getan, in Mühlen oder Pochwerken gepulvert und aus dem Pulver durch Schlämmen der Zinnstein gewonnen.

Durch den in der Natur langsam verlaufenden Verwitterungs- und Schlämmvorgang werden die beigemengten Erze, besonders die Schwefelmetalle und Arsenverbindungen besser entfernt, als dieses mit den früheren mangelhaften Einrichtungen für die künstliche Reinigung des bergmännisch gewonnenen Zinnsteins der Fall war. Das aus dem Seifenzinnstein erschmolzene „Seifenzinn“ oder „Waschzinn“ war daher früher reiner und besser, als das aus der primären Lagerstätte stammende „Bergzinn“.

---

*) H. Schurtz: Seifenbergbau im Erzgebirge und Walensagen, Stuttgart 1890

Die Seifenarbeit, die im Erzgebirge Jahrhunderte lang betrieben wurde, führte allmählig zur Erschöpfung der Zinnseifen; neben der Seifenarbeit gieng man mehr und mehr zur Gewinnung des Zinnsteins der primären Lagerstätte, d. h. zum bergmännischen Betrieb über. Im Anfang unseres Jahrhunderts ist die Seifenarbeit im Erzgebirge zum völligen Erliegen gekommen.

In grossartigem Umfang wird die Seifenarbeit für die Zinngewinnung heute noch in Hinterindien und auf den Zinninseln des indischen Archipels betrieben.*) Auf der Halbinsel Malakka, in den an ihrer Westküste liegenden kleinen, malayischen Staaten, sowie in den englischen Niederlassungen Straits settlements werden aus den Seifen, meist durch chinesische Arbeiter, gewaltige Zinnmengen gefördert (Straitszinn). Ähnlich ist es auf den Inseln Bangka und Blitong. Das angewendete Verfahren ist ganz ähnlich, wie die ehemals im Erzgebirge ausgeführte Seifenarbeit.

B. Die bergmännische Gewinnung.

Vom Ende des 15 ten Jahrhunderts an kam der Bergbau für die Zinnsteingewinnung immer mehr zur Aufnahme. Zuerst wurde der „Strecken- und Weitungsbau“ ausgeführt, d. h. es wurden nach alter Weise Strecken oder Stollen und Weitungen mit Sprengkeil und Schlägel herausgeschlagen. Darauf folgte das Feuersetzen und der Bruchbau.**) Das Feuersetzen erfolgte dadurch, dass man in den Weitungen Holzstösse aufschichtete und entzündete. Das Anzünden der verschiedenen Holzstösse geschah an bestimmten Tagen und zu bestimmten Stunden; nach dem Anzünden mussten die Bergleute das Bergwerk verlassen. Durch die entwickelte Hitze wurde das Gestein mürbe und bröckelig, in grössern Weitungen brach es auch von der Decke los; es entstand ein Einsturz, ein Bruch. Das losgebrochene Gestein konnte von den Bergleuten mit geringer Mühe hinaus geschafft werden. Dieses Verfahren des Bruchbaus war für die Zinnsteingewinnung praktisch, war aber ungemein gefährlich. Da jeden Augenblick wieder Gestein nachstürzen konnte, waren die Bergleute fortwährend in Lebensgefahr; aber sie hatten sich an diese leichtfertige Art des Abbaus gewöhnt, und kümmerten sich nicht darum. (E. Reyer)

Mit den immer grösser werdenden Weitungen wurden auch die Einstürze immer bedeutender; die Decke wurde immer dünner, schliesslich brach sie zusammen und entstand ein von der Erdoberfläche niedergehender Einsturztrichter. Solche Einsturztrichter, kleine und grosse, sind im Erzgebirge sehr viele vorhanden, sie sind „Pingen“ genannt worden. Eine grössere Anaahl dieser Zeugen des ehemaligen Bruchbaus kann man heute noch erkennen.

Im Zwitterstock zu Altenberg erfolgte der erste grössere Bruch im Jahr 1545, wobei eine 40 m dicke Decke noch unversehrt blieb, 1578 erfolgte der zweite Bruch, der bis an die Erdoberfläche reichte, so dass ein Einsturzloch entstand und 1620 erfolgte der dritte und grösste Bruch, der im Städtchen Altenberg ein Erdbeben hervorrief und die „grosse Pinge“ in ihrer ganzen, grossen Ausdehnung erzeugte. — In ähnlicher Weise ist es auch an andern Orten gegangen.

Das Feuersetzen verbrauchte eine ungeheure Holzmenge und verursachte, dass im waldreichen Erzgebirge sich Holzmangel einstellte. Aber trotzdem seit Anfang des 17 ten Jahr-

*) Th. Posewitz: die Zinninseln im indischen Ozean, Budapest 1886
**) E. Reyer: Zinn, Monographie, Berlin 1881

hunderts in andern Bergwerken das Sprengen oder Schiessen aufgekommen war, blieb man in den Zinnbergwerken des Erzgebirges beim Feuersetzen; erst ums Jahr 1800 gieng man zur Verwendung von Sprengstoff über.

Das durch den Bergbau geförderte Gestein enthält neben Zinnstein noch begleitende Erze und viel wertloses Gesteinsmaterial. In dem zu Altenberg geförderten Zwitter beträgt der Gehalt an Zinnstein nur etwa 0,5 %. Bevor man zur Herstellung des Zinns gehen kann, müssen die Beimengungen vom Zinnstein entfernt werden. Die dazu dienenden, auf mechanischen Vorgängen beruhenden Verfahren nennt man die Aufbereitung.

Die Vorgänge der Aufbereitung sind Nachahmungen der mechanischen Vorgänge, die in der Natur zur Bildung der Zinnseifen geführt haben; sie bestehen im Wesentlichen darin, dass das Gestein zuerst der Zerkleinerung durch Mahlen und Pochen und dann dem Schlämmen unterworfen wird.

Anfänglich wurde die Zerkleinerung mit Handmühlen, den sogenannten Zwittermühlen ausgeführt. Im 16ten Jahrhundert kamen die Pochwerke auf, deren Hauptbestandteil die hölzernen, schweren Pochstempel waren, die von den Zapfen eines durch Wasserkraft gedrehten Wellbaumes gehoben wurden und dann auf die Gesteinsstücke herunterfielen. Zuerst wurde trocken gepocht, später sind die Nasspochwerke eingeführt worden. — Aus dem Pochwerk kommt das Pochmehl auf die Schlämmherde, das sind schiefe, aus Brettern gemachte Ebenen, wo herunterlaufendes Wasser die leichten Bestandteile fortspühlt, während der schwere, dunkelgraue Zinnsteinstaub, der sog. Schlich, zurückbleibt. Als verbesserte Schlämmvorrichtung sind die Stossheerde konstruirt worden, das sind schiefe Ebenen, die in fortwährende schwache Erschütterung gebracht werden. — Derartige veraltete Einrichtungen, klotzige Pochstempel und ungeheure Wasserräder, altertümliche Schlämmvorrichtungen sind heute noch in Altenberg und zum Teil in Zinnwald im Betrieb geblieben und verdienen in Bezug auf die Entwicklungsgeschichte des Maschinenbaus ein besonderes Interesse. Die in andern Bergbaugebieten für die Aufbereitung von Erz verwendeten Steinbrech- und Setzmaschinen, die viel weniger Verlust geben, sind hier nicht vorhanden.

Durch die Aufbereitung können nur diejenigen Beimengungen entfernt werden, deren spezifische Gewichte vom spezifischen Gewicht des Zinnsteins beträchtlich abweichen. Mit dem Zinnstein zusammen kommen jedoch häufig Erze vor, wie Bleiglanz, Wolframit, Arsenkies, Wismutglanz, Wismut, deren spezifische Gewichte nur wenig von denjenigen des Zinnsteins abweichen. Die Entfernung dieser Erzbeimengungen muss hauptsächlich durch chemische Verfahren, durch Rösten und durch Extraktion mit Säure ausgeführt werden.

Damit ein brauchbares Zinn entsteht, ist vor allem notwendig, dass die dem Zinnstein beigemengten Schwefelmetalle, besonders die Kiese und Glanze, sowie das Arsen entfernt werden. Zu diesem Zweck wird der getrocknete Schlich geröstet, d. h. bei Luftzutritt erhitzt. Durch die heisse Luft wird der Zinnstein selbst nicht verändert, dagegen das Arsen verbrannt und in Form von Arsenikdampf As_2O_3 verflüchtigt; der in den Schwefelmetallen enthaltene Schwefel wird ebenfalls verbrannt und in gasförmiges Schwefeldioxyd verwandelt. Bei der Entfernung des Schwefels aus den Schwefelmetallen verbinden sich deren Metalle ebenfalls mit Sauerstoff und bleiben als Metalloxyde im gerösteten Schlich. Da die Metalloxyde grösstenteils leichter sind als die Schwefelmetalle, so können sie durch nachträgliches Schlämmen entfernt werden.

In Altenberg steht ein „Rösthaus“ und darin befindet sich der Röstofen, das ist ein Flammofen, worin die Flamme eines Steinkohlenfeuers über den auf einem flachem Herd

ausgebreiteten Schlich hinwegzieht. Während des Röstens wird der Schlich von Zeit zu Zeit mit einer Stange umgewendet. Die abziehenden Gase gehen durch den etwa 10 m langen, gemauerten Giftkanal, an dessen Wänden sich der Arsenik ansetzt. Die Rauchgase und das Schwefeldioxyd gehen durch einen Kamin in die Luft hinaus. Von Zeit zu Zeit wird der Giftkanal aufgebrochen, der Arsenikstaub von den Wänden losgekratzt und zur völligen Reinigung der Arsenikhütte zu Freiberg verkauft.

Der Zinnstein des Altenbergerzwitterstocks wird stets begleitet von kleinen Mengen Wismuterzen, besonders von gediegenem Wismut Bi, seltener von Wismutglanz Bi_2S_3. Durch das Rösten werden die Wismuterze in Wismutoxyd Bi_2O_3 verwandelt. Da nun Zinnstein in Salzsäure unlöslich ist, Wismutoxyd dagegen löslich ist, so kann das letztere mit Salzsäure aus dem gerösteten Schlich ausgezogen werden. (Extraktion mit Salzsäure) Infolge des hohen Preises des Wismuts und seiner Verbindungen hat auch die Gewinnung von kleinen Mengen Wismut eine Bedeutung.

Seit Ende der 40er Jahre wird in Altenberg der gewaschene und geröstete Erzschlamm auf Wismut verarbeitet. Der Schlich wird mit verdünnter Salzsäure zusammengerührt und in hölzernen Trögen drei Tage stehen gelassen: $Bi_2O_3 + 6HCl = 3H_2O + 2BiCl_3$. Der Zinnstein setzt sich als Absatz am Boden der Tröge ab; die klare Lösung, die das Chlorwismut $BiCl_3$ enthält, kann davon abgelassen werden. Zur Fällung der gelösten Wismutsalze verwendet man die Eigenschaft, dass sie durch viel Wasser in unlösliche basische Salze verwandelt werden und somit als Niederschlag ausfallen. Man lässt zu diesem Zweck die Chlorwismutlösung in Wasser einlaufen, das sich in einem grossen hölzernen Bottich befindet; es fällt dann basisches Chlorwismut BiOCl, durch Eisenverbindungen gelblich gefärbt, als Niederschlag heraus: $BiCl_3 + H_2O = 2HCl + BiOCl$. Behufs völliger Reinigung wird der Niederschlag wieder in Salzsäure gelöst und nochmals mit Wasser gefällt.

Das basische Chlorwismut wird in den Altenbergerhütten nicht weiter verarbeitet, sondern im getrockneten Zustand an besondere Hütten verkauft, wo es durch Zusammenschmelzen mit Kalk und Kohle in metallisches Wismut verwandelt wird:

$$2BiOCl + CaO + 3C = CaCl_2 + 3CO + 2Bi$$

Der bei der Salzsäureextraktion zurückbleibende Zinnsteinschlamm wird nochmals geschlämmt, dann getrocknet und kann nun endlich zur Gewinnung des metallischen Zinns verwendet werden.

Im benachbarten Zinnwald findet sich als Begleiter des Zinnsteins der Wolframit Fe, $MnWO_4$, der das zu den seltenern Metallen gehörende Wolfram enthält. Der Wolframit findet sich zusammen mit Zinnstein besonders zu beiden Seiten der Quarzgänge; er kommt aber auch im Quarz selbst vor.

Bis zum Jahr 1865 hatte man in Zinnwald nur den Zinnstein gewonnen und das wolframithaltige Gestein, weil man dafür keine Verwendung hatte, auf Halden gestürzt. Seit Anfang der 70er Jahre hat der Wolframit Verwendung gefunden und wird hauptsächlich zur Herstellung des sich durch seine Härte auszeichnenden Wolframstahles gebraucht. Seither wird der Wolframit und Scheelit in Zinnwald sorgfältig ausgebeutet.

Zinnstein und Wolframit lassen sich infolge des geringen Unterschieds ihrer spezifischen Gewichte (Zinnstein 7, Wolframit 7—7,5) durch Pochen und Schlämmen nicht von einander trennen; infolge ihrer Beständigkeit gegen chemische Einwirkungen werden sie auch durch Rösten und durch Säuren nicht verändert; sie können daher auch durch diese

chemischen Verfahren nicht getrennt werden. Eine Trennung von Zinnstein und Wolframit ist ausführbar durch Schmelzen der Erzmischung mit Alkalisalzen, mit Kochsalz, Soda oder Glaubersalz. Der Wolframit wird in der Alkalisalzschmelze in Eisenoxyd und wolframsaures Natrium Na_2WO_4 verwandelt. Behandelt man die Schmelze mit Wasser, so geht das wolframsaure Natrium in Lösung und kann daraus gewonnen werden. Aus dem Rückstand wird das Eisenoxyd und die Oxyde des Mangans durch Schlämmen entfernt. Dieses Verfahren ist jedoch umständlich und gibt ausserdem noch beträchtlichen Verlust an Zinn, weil ein Teil des Zinnsteins durch die Schmelze in zinnsaures Natrium Na_2SnO_3 verwandelt wird und dieses sich in Wasser auflöst und verloren geht.

In Zinnwald wird das angeführte Verfahren zur Trennung von Zinnstein und Wolframit nicht ausgeführt, sondern es werden gleich von Anfang an die Zinnsteinstücke sorgfältig von den Wolframitstücken ausgelesen; man nennt dieses die Trennung durch Handscheidung.

Die vom früheren Bergbau herrührenden Halden werden zur Wolframitgewinnung verwendet. Die alten Halden werden zu diesem Zweck durchsucht, „durchkuttet"; der früher geförderte Wolframit wird herausgesucht und mit dem Hammer aus den Gesteinsstücken herausgeschlagen. Ebenso werden in den frisch durch den Bergbau geförderten erzhaltigen Gesteinen die Erzstücke herausgeklopft und Zinnstein und Wolframit von einander getrennt. Vielfach lässt sich der Wolframit nicht völlig aus dem Quarz herausschlagen; diese Stücke erhitzt man in kleinen Schachtöfen, der Wolframit dehnt sich dann stärker aus als der Quarz, so dass er mürbe und bröckelig wird. Nach dem Erhitzen lässt sich der Quarz mit Leichtigkeit vom Wolframit wegschlagen.

Das Wolframiterz wird in verschiedene Korngrössen zerlegt und werden folgende Sorten hergestellt und verkauft:

1. Wolframstückerz, 2. Grobes und feines Wolframkörnererz, 3. Wolframschlich.

Das Wolframstückerz wird gleich beim Zerschlagen der Gesteine ausgeschieden, das Wolframkörnererz wird durch Sieben erhalten und der Wolframschlich wird durch Schlämmen auf den Stossheerden hergestellt. Sächsisch Zinnwald liefert gegenwärtig per Jahr zirka 1000 Zentner Wolframerz.

V. Die Herstellung des Zinns.

Schon in vorhistorischer Zeit (Bronzezeit) haben die Menschen durch Zufall das Verfahren entdeckt, wodurch aus Zinnstein das Zinnmetall hergestellt werden kann; aber erst die Chemie der Neuzeit ist im Stande gewesen die bei diesem Verfahren vorgehende stoffliche Veränderung erklären zu können. Die Zinnherstellung beruht auf einer Reduktion des Zinnsteins, wobei erhitzter Kohlenstoff als Reduktionsmittel dient und kann im Grossen und Ganzen durch folgende Gleichungen ausgedrückt werden:

$$SnO_2 + 2C = 2CO + Sn; \quad SnO_2 + C = CO_2 + Sn$$

Es muss jedoch mehr Kohlenstoff vorhanden sein als die Menge, die gerade für die Reduktion erforderlich ist. Der Überschuss von Kohlenstoff muss durch zugeleitete Luft verbrannt werden; die dadurch gebildete Verbrennungswärme muss das Gemisch von Zinnstein und Kohlenstoff auf die zum Verlauf der Reduktion erforderliche hohe Temperatur erhitzen.

Zur Zinnherstellung ist ein Apparat erforderlich, der die Mischung oder die abwechselnden Schichten von Zinnstein und Kohle aufnimmt und worin durch die Verbrennung des Kohlenstoffüberschusses die hohe Temperatur erzeugt werden kann.

Der älteste für die Zinnherstellung verwendete Apparat war ein vertiefter, mit einem Blasbalg in Verbindung stehender Herd, der Gebläseherd. Indem man den Herd zur Aufnahme einer grösseren Füllung herrichtete und ihm zu diesem Zweck eine grössere Höhendimension gab, entstand der Gebläseofen oder Schachtofen, der noch heute im Erzgebirge, wie in Hinterindien und den Sundainseln im Gebrauch ist. Der cylinderförmige Holraum dieser Öfen wird Schacht genannt.

Die Schmelzhütte in Altenberg ist in der dortigen Gegend die einzige in der, wenigstens noch zeitweilig, Zinn hergestellt wird. Sie ist ein altes Gebäude und trägt die Jahreszahl 1734. Die Hauptbestandteile der Hütte sind zwei Öfen, der Schmelzofen und der Treibofen. Der Betrieb der Öfen erfolgt nur dann, wenn aus den Bergwerken von Altenberg und Zinnwald wieder genügende Mengen Zinnstein geliefert worden sind.

Der Schmelzofen, ein Schachtofen von $3^1/_2$ m Höhe, wird für den Betrieb zuerst 3 Stunden lang durch ein Holzkohlenfeuer angeheizt. Auf die brennenden Holzkohlen wird sodann die Beschickung gebracht, die aus 2 Teilen Zinnstein, 1 Teil zinnhaltiger, von früherer Zinngewinnung herstammender Schlacke und 2—3 Teilen Holzkohle besteht. Neben den Öfen stehen vier grosse Blasbälge, die durch eine von einem Wasserrad gedrehte, mit Zapfen versehene Welle getrieben werden können. Wenn der Schacht mit der Beschickung gefüllt ist, bringt man 2 Blasbälge in Tätigkeit und lässt den Wind durch die Windzuleitung unten in den Schacht einströmen, so dass er durch die Beschickung in die Höhe strömt. Durch die Verbrennungswärme der Holzkohle kommt die Reduktion in Gang, das Zinn scheidet sich im flüssigen Zustand aus und sammelt sich im tiefsten Teil des Schachtes an. Die vorhandenen Verunreinigungen Quarz, Silikate etc. gehen in flüssige Verbindungen über und sammeln sich als flüssige Schlacke ebenfalls im tiefsten Teil des Ofenschachtes an.

Vom tiefsten Teil des Ofenschachtes führt eine Abflussöffnung von einigen cm Durchmesser nach Aussen. Ist die Reduktion einmal im Gang, so fliesst hier Zinn und Schlacke nach einem kleinen Herd, dem Vorherd, aus. Im Vorherd sinkt das schwere Zinn zu Boden, während sich die leichte Schlacke als Decke oben ansammelt. Durch die Abkühlung kommt die Schlacke zuerst zum Erstarren; das darunter befindliche, vom Wärmeverlust geschützte Zinn bleibt noch flüssig und würde erst viel später erstarren. Sobald der Zeitpunkt eingetreten ist, wo die Schlackenbedeckung fest geworden ist, wird sie abgehoben. Da diese erste Schlacke stets noch viel Zinn eingeschlossen enthält, wird sie mit der folgenden Beschickung nochmals in den Schmelzofen gebracht.

Das im Vorherd befindliche, von der Schlacke befreite Zinn enthält aber noch Verunreinigungen von andern Metallen, besonders von Blei, Eisen, Arsen, Kupfer, Wismut, Wolfram. Zur Reinigung dieses Rohzinns verwendet man ein Saigerverfahren und zwar das sog. Pauschen. Auf einer schwach geneigten, gusseisernen Platte, dem Pauschherd, wird ein Holzkohlenfeuer angezündet und portionenweise vom flüssigen Rohzinn darauf geschüttet. Da das reine Zinn leichter schmelzbar ist als das mit andern Metallen verunreinigte, so tropft reines Zinn ab, während das schwerer schmelzbare, unreine Zinn in den Holzkohlen zurückbleibt. Das reine Zinn sammelt sich in der Zinngrube; von da wird es in die eisernen Gussformen oder auf eine ebene Kupferplatte geschöpft, so dass es in Form von Blöcken (Blockzinn) oder Stangen (Stangenzinn) oder Rollen (Rollenzinn) in den Handel gebracht werden kann.

Die aus dem Schmelzofen oben austretenden Gase reissen stets einen Teil des staubfeinen Zinnsteins in Form von Flugstaub mit. Um dadurch keinen Verlust zu erleiden, werden

die Gase nach ihrem Austritt aus dem Ofen durch eine kleine Kammer, die Gestübekammer geleitet, worin sich der grösste Teil des Flugstaubes absetzt.

Der an den Schmelzofen angebaute Treibofen ist ebenfalls ein Schachtofen und dient zur Gewinnung, zum Treiben, des noch in den Schlacken enthaltenen Zinns. Zum Betrieb wird der $1^1/_2$ m hohe Ofen ebenfalls mit Holzkohlen angeheizt, dann die aus einer Mischung der zweiten Schlacke des Schmelzofens und aus Holzkohle bestehende Beschickung eingefüllt und mit 2 Blasbälgen Luft eingeblasen. Aus der Ausflussöffnung fliesst dann die dritte Schlacke und etwas Zinn in den Vorherd, wo die beiden Stoffe von einander getrennt werden. — Um die Ausflussstelle herum sammeln sich Klumpen von einer Eisen und Zinn enthaltenden Schlacke, die sich in den Schachtenöfen nicht mehr schmelzen lässt und Härtling genannt wird. — Die dritte Schlacke wird endlich nochmals im Treibofen ausgeschmolzen. Die vierte Schlacke enthält gewöhnlich kein Zinn mehr; sie wird als wertloses Material auf Halden gestürzt.

Die Hauptproduktion des Zinns liegt gegenwärtig in Malakka und auf den Zinninseln Bangka und Blitong. England hat in den Grafschaften Cornwall und Devonshire immer noch eine bedeutende Zinnquelle. In Australien ist die Zinnproduktion im Steigen begriffen. Gegenüber diesen Ländern ist die Zinnproduktion in Deutschland und Östereich sehr klein und speziell im Erzgebirge ist sie eher im Abnehmen als im Zunehmen begriffen. Die Ursachen des Rückganges der erzgebirgischen Zinngewinnung ist in dem Jahrhunderte lang ausgeführten Bergbau zu suchen, durch den die allmählige Erschöpfung der Zinnsteinlagerstätten eingetreten ist. Gesteigert wurde dieser Rückgang aber auch durch die Auffindung der reichen indischen und australischen Lagerstätten und die Konkurrenz des daraus gewonnenen Zinns.

In Freiberg und Umgebung ist mir durch die gütige Vermittlung der schweizerischen Gesandtschaft der Besuch der königlich sächsischen Berg- und Hüttenwerke ermöglicht worden; auch in Altenberg und Zinnwald wurde mir der Einblick in das dortige Berg- und Hüttenwesen freundlichst gestattet. Die wichtigsten Gesteine und Erze dieser Bergwerke habe ich für die Sammlung des Technikums erwerben können.