

Toten Meeres an den Weltverkehr durch die Schaffung der notwendigen modernen Verkehrsmittel notwendig wäre, ganz zu schweigen von den hohen Kosten der Modernisierung des Hafens von Haifa, die Vorbedingung für einen geregelten Export wäre.

Von den Befürwortern der Toten Meer-Projekte wird als besonders günstiger Umstand für die Gewinnung von Kalisalz aus dem Toten Meer die Tatsache angeführt, daß, im Gegensatz zu der Fabrikation von Kalisalzen in Ländern der gemäßigten Zone, es möglich wäre, die Verdunstung der Toten Meer-Laugen ohne Zuhilfenahme künstlicher Brennstoffe durch die natürliche Sonnenwärme durchzuführen. In der Tat beträgt in warmen Sommermonaten die Temperatur in der Toten Meeres-Region über 38°, und eine Verdampfung des Seewassers durch die Sonnenwärme bis zur Trockenheit in großen Becken wäre möglich, vorausgesetzt, daß die recht ungünstigen topographischen Verhältnisse die Konstruktion der großen ebenen Becken zuließen. Es ist aber zu bedenken, daß die Kaligewinnung aus derartigen Solen, im Gegensatz zur Kochsalzgewinnung aus dem Meerwasser, keineswegs ein einfacher Verdunstungsprozeß ist. Die Durchführung einer Kaligewinnung aus einer solchen Lösung könnte nur durch ein ziemlich kompliziertes, dreistufiges Verfahren erfolgen — Auskristallisation und Beseitigung des überschüssigen Kochsalzes, Kristallisation der Mutterlauge zu künstlichem Carnallit und Aufarbeitung des letzteren. Eine derartige Verarbeitung in Quadratkilometer großen Becken unter Benutzung der Sonnenwärme würde eine solche Menge extensiver Arbeit mit sich bringen, daß es mehr als fraglich erscheint, ob die Ersparnis, die die Benutzung der Sonnenwärme statt künstlicher Brennstoffe mit sich brächte, nicht durch die durch teurere Arbeitsprozesse erwachsenden Nachteile mehr als aufgehoben wird.

Die klimatischen und sanitären Verhältnisse des Toten Meer-Gebietes sind für die Errichtung eines großen industriellen Unternehmens ungünstig. Das

Gebiet ist malarieverseucht, und Trinkwasser ist nicht vorhanden. Die hohe Sommertemperatur verschlechtert nicht nur die Arbeitsbedingungen, sondern sie erschwert auch gewisse Stadien des geplanten Arbeitsganges, wie z. B. die etwaige Gewinnung von Brom, das ja bei 58° siedet.

Ein Studium des Projekts der Ausbeutung der Wasser des Toten Meeres läßt es in der Tat verwunderlich erscheinen, daß dem neuerlichen Wiederauftauchen der Pläne zur Ausbeutung des Toten Meeres in der Presse solch große Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Das Projekt unterscheidet sich ja in nichts Wesentlichem von denen, die schon in Abdul Hamids Zeiten in Palästina von deutscher Seite studiert wurden, und die Schlußfolgerungen, zu welchen man damals gelangte, nämlich daß die Pläne keine genügenden Aussichten auf praktische, lohnende Verwirklichung bieten würden, um sie in Angriff zu nehmen, gelten auch heute noch.

Man braucht nicht so weit zu gehen, wie jene amerikanischen Stimmen, welche die britischen Versuche der Finanzierung der „Dead Sea Bubble“ einem Wunsche auf seiten der britischen Flottenverwaltung zuschreiben, Privatkapital für den Ausbau des als Flottenstützpunkt günstig gelegenen Hafens Haifa zu gewinnen, statt ihn auf Staatskosten zu unternehmen. Es ist auch ohne diese Annahme sehr verständlich, daß jede vage auftauchende Möglichkeit, dem vorläufig noch sehr schwachen Staatsgebilde Palästina die so notwendige wirtschaftliche Belebung zu verschaffen, von offizieller britischer Seite sowohl als von zionistischer Seite eifrig aufgegriffen wird. Jedenfalls zeigen aber die unbeschönigten Tatsachen, daß, selbst für den Fall, daß sich für den so wenig aussichtsreichen Plan der Erschließung des Gebietes Kapital finden sollte, die Entstehung einer lohnenden Kaliindustrie im Toten Meer-Becken, die etwa den mitteleuropäischen Kaliindustrien Konkurrenz machen würde, nicht zu erwarten ist. [A. 31.]

Die Wüste Atacama als Rohstoffgebiet der chemischen Industrie.

Mit 9 Abbildungen.

Von Prof. Dr. W. WETZEL, Kiel.

Vorgetragen im Bezirksverein Schleswig-Holstein.

(Eingeg. 20. Januar 1928.)

Welches Interesse vermögen weitere Kreise an der elendesten, extremsten Wüste der Welt zu nehmen, heute, da das Monopol des Chilesalpeters, der jene Wüste berühmt gemacht hat, vom synthetischen Salpeter durchbrochen worden ist?

Es soll in Kürze gezeigt werden, daß einerseits das praktische Interesse an der nordchilenischen Wüste keineswegs als abnehmend gelten darf, da sowohl der Salpeterbergbau seine Lebensfähigkeit durchaus behält, und da auch andere wichtige und interessante Rohstoffe vorhanden sind, die das Interesse ausländischer Kapitalmächte auf sich ziehen, daß andererseits aber das wissenschaftliche Interesse an jenem Gebiet bei Chemikern, Mineralogen, Geologen und Geographen fortgesetzt Nahrung findet an vielen merkwürdigen und nur zum Teil aufgeklärten Erscheinungen, von welchen manche überhaupt nur in dieser extremsten Wüste der Welt beobachtet werden können. Die genetischen Probleme einiger der hier zu erwähnenden Lagerstätten haben den Verfasser fast drei Vierteljahre in der Wüste beschäftigt.

Die Salpeterindustrie Nordchiles ist nicht nur zu einem erheblichen Teil von deutschen Unternehmern ins Leben gerufen oder gefördert worden, sondern sie bezieht bis zum heutigen Tage auch bedeutende Mengen an Maschinen und sonstigen Einfuhrartikeln aus Deutschland, das schließlich auch seine Wissenschaften und deren Vertreter in besonderem Umfange ausgesandt hat, um mancherlei Grundlagen für die industrielle Erschließung zu schaffen. Wenn etwa 20 deutsche Forscher aufgezählt würden, die wichtige chemische und mineralogische Untersuchungen, in selteneren Fällen auch geologische und biologische Forschungen, dort ausgeführt haben, darunter Männer von erstem Range, so stehen ihnen nur wenige einheimische Forscher gleichen Ranges zur Seite (insbesondere D o m e y k o und P i s s i s) und nicht allzu viele aus der übrigen zivilisierten Welt.

Ohne auch nur stichwortartig eine allgemeine Landeskunde des Gebietes hier geben zu können (man vgl. aber C. M a r t i n s Landeskunde von Chile), so möchte ich den Leser doch durch einige Andeutungen

in die Umwelt versetzen, die die Salpeterwüste und ihre Industriestätten darbieten, wobei wir uns besonders auf den unwirtlichsten mittleren Teil der langgestreckten Wüste, auf das Hinterland des Hafens Tocopilla, beziehen wollen.

Auch in Südafrika hat der Mensch das Eindringen in die Wüste nicht gescheut, um der Ausbeute der Diamanten willen, und die Goldfelder Südwestaustraliens liegen mehr oder weniger in aridem Gebiet, während die Steinkohlengruben Spitzbergs unter mehr als 200 m ewig gefrorenem Boden arbeiten; gleichwohl sind in keinem jener Fälle die natürlichen Bedingungen so lebensfeindlich, wie in der Salpeterwüste. Vermögen doch in diesem vertrockneten, vergifteten und von Tropensonne verbrannten Lande selbst die Fäulnisbakterien keine rechte Tätigkeit zu entfalten. In der Zeitschrift „Natur“ (17; 1925) kennzeichnete ich die Lebensfeindlichkeit dieser Wüste folgendermaßen: „Infolge des Fehlens des normalen Fäulnisprozesses trocknen die Tierleichen schnell und intensiv aus, und falls nicht der Kadaver früh genug von einem Aasgeier entdeckt wurde, muß eine Mumie verbleiben, eine Trockenmasse, die weder für Mikroben noch für Geier mehr ein Nahrungsmittel ist, zumal nun eine Imprägnierung mit Salzen hinzukommen kann. Die weitere Veränderung der Mumien oder sonstiger toter organischer Substanz ist wohl rein chemischer Art, wobei die erhöhte Wirkung des ultravioletten Lichtes (in dem stets wolkenlosen Hochgebiet des Wüsteninnern) und die Ionisierung des Luftsauerstoffes eine auch sonst wahrscheinliche Rolle spielen. Charakteristisch für diese weitere chemische Verwesung ist es, daß sie die verschiedensten Ausgangsmaterialien langsam denselben oder ähnlichen Endprodukten entgegenführt, einerlei, ob es sich um ein liegen gebliebenes Stück Brot, um tierische Haut, um Zeugfetzen oder um Pflanzenblätter handelt, aus alledem wird eine gelbbraune, mürbe Masse, die einen ganz charakteristischen Geruch besitzt.“

Wenn wir den Salpeterhafen Tocopilla als Eingangspforte in die Wüste wählen, so finden wir schon an der Küste selbst klimatische Zustände, wie sie an keinem anderen Gestade der Erde wiederkehren. Eben betreten wir die schmale Strandabdachung vor der gewaltigen pazifischen Gebirgsmauer und befinden uns schon in einer Wüstenregion, nämlich der äußersten Zone der nordchilenischen Wüste. Selbst hier, in der unmittelbaren Nachbarschaft des Meeres, vermag kaum eine Pflanze zu gedeihen, das Tierleben nur spärliche Ausnahmeerscheinungen zu liefern. Die Hafenbevölkerung stellt ihr Gebrauchswasser durch Destillation des Meerwassers her und verschafft sich den Anblick von etwas lebendigem Grün durch künstliche Kulturen von Topfpflanzen oder in Miniaturgärtchen, deren Erdreich zu Schiff herangeholt worden ist, wie aller Lebensunterhalt. Untersucht man die Bodenzusammensetzung der Strandabdachung (Muschelanhäufungen und Bergschutt), so findet man diese Massen von Salzen durchsetzt, d. h. biologisch vergiftet. Dabei handelt es sich in der Hauptsache keineswegs um Meeressalz, wie man annehmen könnte, zumal schon Darwin die junge Heraushebung dieses Küstenlandes aus dem Pazifischen Ozean wahrscheinlich gemacht hat. Aber 1852, ein Jahrzehnt nach Darwin, hat der deutsche Naturforscher von Bibra das Salzgemenge des Bodens von Tocopilla analysiert, wobei sich charakteristische Unterschiede gegenüber der Zusammensetzung des Meerwassers ergaben (verhältnismäßig größere Gehalte an Natriumchlorid, Kaliumchlorid, Magnesium-

sulfat). Schon diese Salze, die in der Nachbarschaft des Meeres den Boden vergiften, sind im wesentlichen sogenannte „Wüstensalze“, Produkte der Bodenbildung der extremen Wüste.

Von der pazifischen Gebirgsmauer übersieht der unten stehende Beschauer nur etwa 500 m Steilhang, denn entweder stellt sich weiter oben ein flacherer Anstieg ein, oder die Sicht wird begrenzt durch eine unverrückbar an die Bergwand gelehnte Wolkenwand, deren Wassermassen vergeblich darauf lauern, in das wolkenlose, ewig trockene Innere einzubrechen. Man erblickt auch neben zahlreichen in größerer Höhe mündenden Gebirgsscharten eine einzige bis fast zum Meere heruntergeführte Talschlucht und die Eisenbahnlinie, die in ihr verschwindet, um sogleich wieder auf die Wand der nördlich angrenzenden Bergmassen auszutreten, da das Gefälle des ehemaligen, längst erstorbenen Talweges zu groß ist und durch mühselige Kehren gewonnen werden muß. Aber das Automobil überwindet die Steigung am Boden der Schlucht, und der eilige Reisende unserer Tage fährt in 3–4stündiger rasender Fahrt ins Innere, wird wohlbehalten vor dem Verwaltungsgebäude eines Salpeterwerkes abgeliefert und befindet sich inmitten eines weiten Hochlandes, das als flache, langgestreckte Wanne eingesenkt liegt zwischen der „Pazifischen Gebirgsmasse“ im Westen und den verschiedenen Kordillerenketten weiter östlich.

Bei so bequemer und schneller Art zu reisen, hat man sich allenfalls über den raschen Szeneriewechsel ein wenig Gedanken machen können, aber von der Natur des einzigartigen Landes unmöglich den rechten Eindruck gewonnen. Versetzen wir uns daher noch einen Augenblick in die Lage eines Kieler Professors, der vor 80 Jahren mit einer Maultierkarawane die Durchquerung desselben Gebietes gewagt hat, ehe dort auch nur die Idee eines Industriegebietes und seiner Verkehrsmöglichkeiten gegeben war, so lesen wir in Behns Tagebuch über die Eindrücke des ersten Tages seiner Wüstenreise folgendes: „Freitag, den 26. II. 1847: Die Haut der Maultierkadaver am Wege ist steinhart. Starke Luft-



Abb. 1. Die Toco-Wüste, von einer Porphyrkuppe der Pazifischen Gebirgsmasse aus gesehen.

spiegelungen täuschen oft Wasserflächen vor. Der Körper dunstet mehr aus, als daß er schwitzt. Der Urin ist spärlich und nimmt braune Farbe an. Lippen, Nase, Fingerspitzen und Nagelwurzeln werden schmerzhaft . . .“ Damit ist die physiologische Wirkung des extremsten Wüstenklimas gekennzeichnet, über das später der Chemiker Darapsky und der Meteorologe W. Knoche genauere Angaben gemacht haben.

Die vorher erwähnte, etwas über 1000 m hoch gelegene Wanne des nordchilenischen Längstales besaß noch während des Diluviums eine reichere Gliederung. Viele Nebentäler kamen aus der Pazifischen Gebirgsmasse und von der Kordillerenseite und führten wenigstens intermittierend Wasser, während gegenwärtig die Talformen in hochaufgefülltem Trockenschutt erstickt sind bis auf den jungen Cañon des einzigen überlebenden Wüstenflusses, des Rio Loa, der noch mit dem Reste seines Kordillerenwassers das Meer erreicht, nach langem, verlustreichem Wege durch die Wüste, insbesondere durch das Längstal. Inzwischen haben sich aber in dem eben erwähnten Trockenschutt auf den Flanken des Längstales und in den Nebentälern Wüstensalze gespeichert unter Verkittung des Schuttes bis zu stellenweis lückenloser Zementation. Längst nicht alle diese Salz-Schutt-Gesteine dürfen als „Caliche“, Salpeterrohstoff, angesprochen werden. Das verbreitetste Zementsalz, Natriumchlorid, und die begleitenden Sulfate sind in den Augen des Salpeterindustriellen wertlos, ja hinderlich. Sorgfältig müssen die Salzschuttbänke erkundet werden, an deren Zement das Natriumnitrat in hinreichendem Maße beteiligt ist, was innerhalb der Zonen stärkerer Zementbildung wieder in Streifen oder Inseln zwischen nitratärmeren Schuttmassen der Fall zu sein pflegt. In solcher „Calichera“ hat man nicht nur die horizontale Ausdehnung der gesuchten, meist nicht oberflächlich anstehenden Calichebank zu beachten, sondern auch den vertikalen, profilmäßigen Aufbau der Lagerstätte aus Bänken mit ganz verschiedener Salzführung.

Nachdem der Raubbau früherer Jahrzehnte, zumal bis 1880, innerhalb dieser Konzentrationszonen nur besondere Anreicherungen, sogenannte Reichcaliches, ausgebeutet hatte, Stellen, wo sich in Höhlungen oder Schluchten fast reiner Salpeter nach allerlei Lösungs- und Konzentrationswanderung ausgeschieden hatte, werden heute Salzschuttbänke als abbauwürdig befunden, wenn sie im Minimum 12–13% Nitrat enthalten. Demzufolge sind heute nicht nur die Halden alter Werke abbauwürdig, sondern man spricht auch von alten Anlagen,



Abb. 2. Beginnender Salpeter-Abbau in einem noch jungfräulichen Wüstengelände der Toco-Pampa.

wo die Verwaltungsgebäude und Arbeiterwohnungen Mauern aus Salzschutt haben, den man noch auf Salpeter verarbeiten könnte. Es bestehen eben alle erdenklichen graduellen Gehaltsunterschiede, die sich durch die verschiedensten oberirdischen und unterirdischen Lösungstransporte herausgebildet haben. Dabei unterscheidet die geologisch-petrographische Untersuchung ältere und jüngere Wüstensalze, mit zeitlich und oft

auch räumlich getrennten primären Bildungsstätten innerhalb der Wüste. Während die Vorgänge der primären Salzbildungen eines der wissenschaftlich interessantesten Kapitel der chemischen Geologie ergeben, muß die geologische Erkundung und Deutung der sekundären Konzentrationslagerstätten



Abb. 3. Salpeter-Tagebau in den Feldern von Prosperidad, Toco. Mehrere kompakte Salzschuttbänke übereinander. (Ein Profilstreifen ist künstlich befeuchtet, um zu zeigen, wie dunkel die Schuttgesteine unter humidem Klima erscheinen würden.)

auch den Praktiker interessieren. Deren Aufbau aus lauter einzelnen, übereinandergreifenden und nebeneinandergereihten Schuttgesteinslinsen muß verstanden werden, dagegen würde der ehemals versuchte Vergleich mit den ozeanischen Salzlagerstätten Deutschlands irreführen, wie auch der Gedanke an gehobene Tangwiesen einer einstigen Flachmeerregion oder an chemische Umwandlungsprodukte von Guano usw.

Die Gewinnung eines brauchbaren Rohmaterials aus den Tagebauten ist heutzutage eine technische Aufgabe, die größte Aufmerksamkeit verlangt, um die Rentabilität der Fabrikation sicherzustellen. Der nie unterbrochene Betrieb eines modernen Salpeterwerkes verbraucht gewaltige Mengen eines durch Mischung möglichst gleichmäßig zu gestaltenden Rohstoffes. Für den Nichtfachmann sehen da draußen im Gewirr der Abbaustrecken ziemlich alle Salzschuttarten gleich aus, und doch werden vor Ort sorgfältig die nitratreichen Blöcke von zu armem Gestein geschieden. Die Zementation durch die Salze, besonders durch das Natriumchlorid, hat oft zu einer betonartigen Verbandsfestigkeit und Zähigkeit der Schuttgesteinsbänke geführt. Es ist also ein großer Aufwand an Sprengstoffen erforderlich, nicht nur, um erst einmal einen Tagebau aufzumachen, sondern auch, um ein transportables Blockwerk herzustellen.

Die Fabrikation ist offensichtlich ein rein physikochemischer Prozeß, der entsprechend der Ver-

schlechterung des durchschnittlichen Rohstoffes immer schwieriger geworden ist. Die warmlaugenden Fabrikationssysteme stützen sich auf den Umstand, daß sich das Löslichkeitsdiagramm der hauptsächlich salinischen Komponenten mit steigender Temperatur für Löslichmachung von Nitrat günstig und für Kochsalz entsprechend ungünstig gestaltet. Ehe man aber aus dem Gelösten einen „Caldo“, eine kristallisationsfähige Lauge, erhält, sind noch Schwierigkeiten zu überwinden, die sich zum Teil aus der petrographischen Zusammensetzung des unlöslichen (klastischen) Anteiles des Rohstoffes ergeben. Der gewaltige Anteil an feinkörnigen Verwitterungsprodukten, dessen Bildung für die Wüstenverwitterung charakteristisch ist, erschwert nicht nur die Auslaugung, sondern auch die Klärung der Laugen. Während man beim sogenannten *Shanks-System* alles, was aus den Brechermaschinen kommt, in geheizte Lösetanks gibt und die dort erzielte Lauge später durch Filterpressen und in Sedimentationsbecken von den klastischen Feinbestandteilen zu befreien sucht, arbeitet das *Gibbs-Verfahren* mit einer wässrigen Fraktionierung des schonend zertrümmerten Rohmaterials unter Verwendung eines Gegenstromsystems.

Bei allen Systemen fließen die zur Lösung verwandten Flüssigkeitsmengen kreislaufmäßig durch die Anlage und sind, zumal beim *Shanks-Verfahren*, an Kochsalz meist nahezu gesättigt. Man beobachtet daher, daß die der Auslaugung unterworfen gewesenen Salzschtutbrocken nur unvollständig zerlegt auf die Halde gelangen. Und zwar gehen auch merkliche Mengen von Nitrat in den Haldensturz. Ich fand als eine Hauptverlustquelle den Umstand, daß ein Teil des Nitrates in Form feinsten Einschlußkriställchen im Innern der größeren Steinsalzkristalle steckt, die von der Lauge kaum angegriffen werden.

Viele praktische Erfahrungen gestatten es dem Salpeterfachmann, mit Sicherheit die Temperatur und Konzentration innezuhalten, bei denen die Lauge in die Kristallisierpfannen abzulassen ist. Nachdem sich dort



Abb. 4. Blick auf eine salpeterreiche Senke der „Pampa“ von Iquique, mit dem großen Salpeterwerk Paposo.

eine verhältnismäßig reine Kruste von Nitratkristallen abgeschieden hat, muß zeitig die Restlauge weitergeleitet werden. Manchmal sind zwei Kristallisationen erforderlich.

Da nun die Hauptkosten der Salpeterindustrie nächst den Löhnen durch das Heizmaterial bedingt werden (englische Kohle oder amerikanisches Öl), so hat man immer wieder die Möglichkeit erwogen, kalt zu laugen,

trotz der oben angedeuteten Löslichkeitsverhältnisse. Das neue Verfahren von *Guggenheim*, benannt nicht etwa nach den Erfindern, sondern nach einer nordamerikanischen Riesenfirma, die das Patent gekauft hat, beruht auf kalter Laugung und kalter Kristallisation und wird zurzeit in einer neuerrichteten großen Anlage in der Toco-Wüste erprobt. Wichtig ist dabei das physikochemische Prinzip, die Existenzgebiete verschiedener

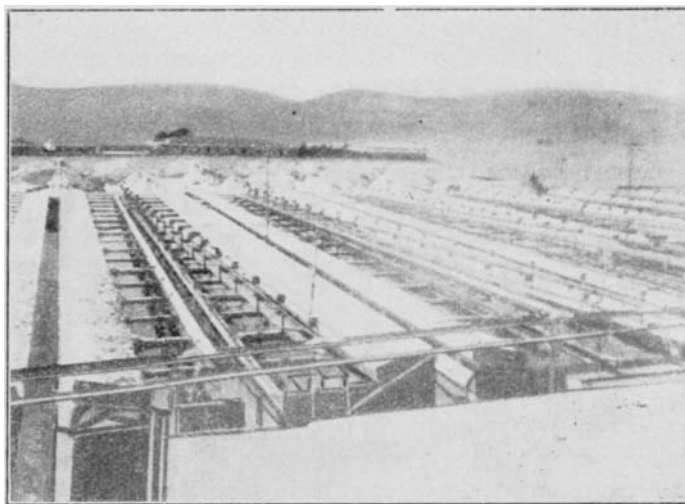


Abb. 5. Kristallisierbecken des Salpeterwerkes Alemania, „Pampa“ von Taltal.

sulfatischer Doppelsalze innerhalb der Phasengemische des Fabrikbetriebes einzuhalten, was nötig ist, um nicht das Nitrat bei der niedrigen Temperatur gleichfalls in Form eines Bodenkörpers zu verlieren, der ein Doppelsalz ist. Mit anderen Worten: Glauberit, Blödit und Syngenit sind als Bodenkörper erwünscht, Darapskit ist zu vermeiden. Man nimmt in Kauf, daß die Löslichmachung des Nitrates weniger intensiv vor sich geht, und muß im Vergleich mit den warmlaugenden Systemen viel mehr Zeit und Raum aufwenden, um entsprechende Mengen kristallisierten Nitrates zu erhalten.

Allgemein ist zu bemerken, daß die Bestrebungen, zu rationalisieren und zu intensivieren, verhältnismäßig jungen Datums sind, während der erste Anfang der Salpetergewinnung 120 Jahre zurückreicht, nämlich bis auf die Zeit nach *Thaddäus Hänske's* Forschungsreisen. Viele Jahrzehnte hatte die Salpeterindustrie kaum Veranlassung, um die Verbesserung ihrer Methoden ernstlich besorgt zu sein, ein Umstand, der zwar den bisherigen wirtschaftlichen Nutzen dieser Industrie beleuchtet, aber eine Gefahr für ihre Entwicklung in sich geborgen hat. Bedenkt man aber, daß der Käufer des Chilesalpeters einen Preis zu zahlen hat, von welchem 30% Exportzoll sind, so kann man der Industrie heute auf keinen Fall das Ende voraussagen, um so weniger, als schon jetzt Anzeichen gefunden werden für eine gewisse Überlegenheit des chilenischen Salpeters in der Düngewirkung gegenüber dem synthetischen, was auf bestimmten Verunreinigungen des ersteren beruhen mag. Hinzu kommt aber beim Chilesalpeter bekanntlich der Nutzen aus Nebenprodukten.

Als solches besitzt in erster Linie das Jod eine bekannte Bedeutung. In der *Agua vieja*, der lange durch den Kreislauf des Betriebes gegangenen Lauge, reichern sich Mengen von Jodaten und Jodiden an, die leicht durch Natriumbisulfit reduziert werden können. Eine Salpeterfabrik mittlerer Größe, die jährlich 600 000 Doppelzentner Salpeter fertigstellt, könnte gleichzeitig 1000 bis 1200 Doppelzentner Jod liefern. Sie darf aber

nur etwa 100 Doppelzentner herstellen. Bekanntlich sind fast die gesamten Salpeterunternehmen syndikatisiert, und vor allem hütet man sorglich den Jodpreis. Praktisch kommt es darauf hinaus, daß etwa alle vier Jahre einmal ein solches Salpeterwerk seine angereicherten Laugen von Jod befreit. In den Kreisen der Salpeterindustriellen würde man nichts mehr begrüßen, als wenn die deutsche Wissenschaft etwas ersänne, das den Jodbedarf der Welt steigern könnte.

Noch nicht ernstlich ist die Frage in Angriff genommen, den Kaligehalt der Wüstensalze zu bewerten. Heute verschenkt Chile in jedem Sack Salpeter einen gewissen Kaligehalt, der maximal etwa 3% Kaliumnitrat betragen kann und handelsmäßig nicht gewertet wird, ja, die Fabriken müssen sogar dafür Sorge tragen, daß das Kali nicht in Form des pflanzenschädlichen Kaliumperchlorats in das Fertigfabrikat übergeht. Das künstlich entfernte Perchlorat wird nur bei der Herstellung des Sprengpulvers verwandt, das jedes Werk selbst erzeugt. Der hierfür benötigte Schwefel und vor allem der Schwefel, den die Jodfabrikation zur Darstellung der Sulfitlösung braucht, könnte von den hochandinen Vulkanen der östlichen Nachbarschaft der Salpeterzone geholt werden. Infolge der schwierigen Transportverhältnisse ist aber oft der sizilianische Schwefel billiger. Außerdem verbraucht die Salpeterindustrie, wie die übrigen Bergwerke Nordchiles, gewaltige Mengen von Dynamit (zur Erweiterung von Bohrlöchern und zur Zerlegung allzu großer bei Pulversprengungen gelöster Einzelblöcke). Eine nordamerikanische Firma hat mitten in der Wüste eine gewaltige Dynamitfabrik errichtet. Die von ihr benötigte Kieselgur wird meines Wissens aus Nordamerika bezogen.

Ich entdeckte nun in der Wüste selbst, ganz nahe bei den Salpeterfeldern und bei der Dynamitfabrik, ausgezeichnete Kieselgurlager. Diese nordchilenische Kieselgur unterscheidet sich vorteilhaft von der organisch verunreinigten deutschen Kieselgur durch ihre rein weiße Farbe, sie braucht nicht calciniert zu werden. Für das nordchilenische Industriegebiet erscheint dieser Rohstoff auch insofern nützlich, als er in Verbindung mit den von mir ebenfalls untersuchten dortigen Kalktuffen das Ausgangsmaterial für zweckmäßige Baustoffe werden kann. Die Industriesiedelungen Nordchiles leiden unter einer jammervollen Baustoffnot; dabei handelt es sich um besondere bauliche Bedürfnisse, nämlich die Gewähr des Wärmeschutzes gegen Tropensonne, um Sicherung gegen Erdbebengefahr (in einem Gebiet mit etwa 1000 Erdbeben jährlich, wenn man auch die kleinsten Erschütterungen mitzählt), ferner ist für die Wüstensiedelungen möglichste Feuersicherheit wichtig. Erdgeschichtlich interessant sind die beiden zuletzt erwähnten Rohstoffe, weil sie, wie ich in meinen „Beiträgen zur Erdgeschichte der mittleren Atacama“¹⁾ auseinandergesetzt habe, aus einer Vorzeitperiode der Wüste stammen, während welcher das Wasser dort eine Rolle spielte, die man sich unter dem Eindruck der gegenwärtigen extrem ariden Zustände kaum vorstellen kann.

Aus den erdgeschichtlichen Zusammenhängen mit jenen Diluvialbildungen ergibt sich nun auch das Alter der vorher geschilderten Wüstensalze, genauer gesagt, das Alter ihrer gegenwärtigen Ansammlungen in den Zementationszonen. Wenigstens die „jüngeren Wüstensalze“ (s. oben S. 4) und unter ihnen besonders das Natriumnitrat können die feuchtere Diluvialperiode

nicht in der Form der heutigen Salzschiefergesteine durchgemacht haben, ihre Konzentrationswanderungen, ihr Zurückbleiben im Wüsteninnern, können erst mit dem Abklingen der Feuchtigkeitsperiode die endgültige Verteilung der Salzansammlungen ergeben haben. Hat man doch berechnet, daß der eine am Leben gebliebene Wüstenfluß, der Rio Loa, in seinem gegenwärtigen verkümmerten Zustande doch noch jährlich 941 Zentner Nitrat aus dem Tocogebiet ins Meer entführt. Allerdings ist auch gerade der Salpeter dasjenige Wüstensalz, das zu seiner Entstehung nicht so langer Verwitterungsvorgänge bedarf wie die meisten anderen Wüstensalze. Er regeneriert sich immer wieder auf Grund der Salpetersäurebildung, die nach meinen geologischen Befunden nur auf Grund der elektroatmosphärischen Theorie vorgestellt werden kann. Luftsalpetersäure wird überall auf der Erde dem Boden einverleibt, besonders reichlich in den Tropen; das durch Angriff dieser Säure auf die Untergrundgesteine entstehende Nitrat muß aber überall vom Wasser fortgeschafft oder von Pflanzen aufgenommen werden, wo nicht der extreme Grad der Aridität Nordchiles herrscht. Genetisch noch inter-



Abb. 6. Versuchs-Abbau eines Kieselgurlagers, Toco.

essanter ist vielleicht das mit dem Natriumnitrat vergesellschaftete Kaliumperchlorat, zu dessen Bildung nicht nur die starken Oxydationswirkungen einer ungewöhnlich weitgehend ionisierten Atmosphäre, sondern wohl auch gewisse petrographische und mineralogische Eigentümlichkeiten des Wüstenbodens und der Bodensalze notwendige Bedingungen sind. Genauer über den Chemismus der Wüstensalze enthält meine Untersuchung der „Salzbildungen der chilenischen Wüste“²⁾. Auch die im ganzen zurücktretenden Mengen der Jodsalze lassen sich im Rahmen der Wüstensalzbildung erklären, zumal auf Grund neuer chemischer Feinanalysen von Massengesteinen.

Eine genetische Ausnahmestellung nimmt ein Salzmineral der Wüste ein, das Bor enthält, der Boronatrocalcit. Er kommt nur in einzelnen, engumgrenzten Gebieten der Wüste vor, locker verteilte Konkretionen im Schutt bildend. Die betreffenden Felder können dann als eine „Boratera“ dem Abbau unterworfen werden, falls die „Borax Consolidated“, die die Boraxproduktion der Welt regelt, es für gut befindet, dieses oder jenes Lager in Angriff zu nehmen. Es läßt sich geologisch begründen, daß der Boronatrocalcit der Wüste auf vulkanische Eruptionstoffe zurückgeht, welche in den benachbarten Hochanden in vergangenen

¹⁾ Neues Jahrb. Mineral., Geol., Paläont. Abt. B., Blgbd. 58 [1927].

²⁾ Chemie der Erde 3 [1928].

Zeiten stärkster vulkanischer Tätigkeit gefördert wurden.

Die Kupfererzvorräte der nordchilenischen Wüste stellt man sich leicht zu großartig vor, auch noch, wenn man die Wüste selbst kennengelernt hat. Be-

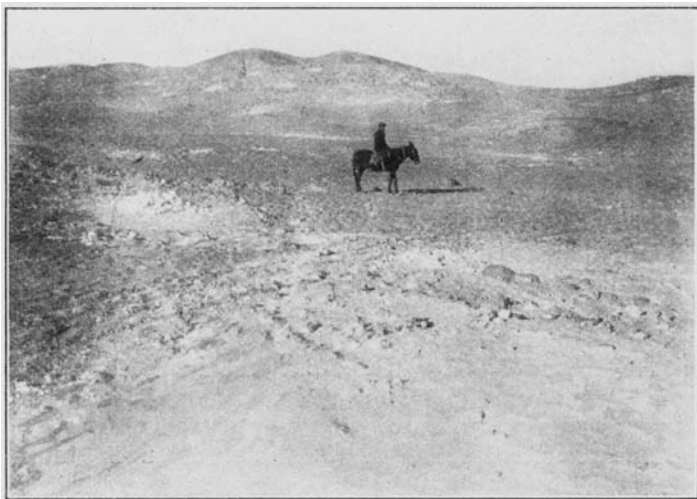


Abb. 7. Talung im Innern des Joyu-Gebirges, Toco. Außer den normalen Wüstensalzen finden sich im Schutt weiße Knollen von Boronatocalcit, die zu Haufen zusammengeschafft wurden, um abgefahren zu werden.

obachtet man doch immer wieder innerhalb nackter Felsszenarien jene grünen Streifen und Zonen, die von den intensiv gefärbten Hutsalzen der austreichenden Kupfererzvorgänge herrühren. Der größte Reichtum der Erzgruben alter Zeit beruhte in den billigen Arbeitskräften. Der einzigartige Gebirgsbau des Landes, insbesondere die ins Riesenhafte gesteigerte Zerklüftung der pazifischen Gebirgsmasse, bringt es mit sich, daß es zwar unendlich viele Spalten- und Gangscharen gibt, die sich unter aufsteigender Lösungszufuhr mit Erzen füllten. Aber die einzelnen Füllmassen haben meist nur geringe Breite, und die Erzführung ist äußerst unregelmäßig und verarmt in der Regel nach unten zu sehr bald. Die sogenannten Eisernen Hüte, oberflächennahe Konzentrationen und Zementationen, haben schon die alten Indianer mit erstaunlicher Findigkeit ausgeraubt. Ihre Nachkommen, oft nur mit wenig europäischem Blut durchsetzte Eingeborene, durchziehen noch heute gern die ödesten Strecken ihrer unwirtlichen Heimat unter großen Entbehrungen, um neue, gute „Vetas“ aufzuspiüren. Das montanistische Fieber steckt ihnen nach wie vor im Blute, und jeder kleine Mann besitzt irgendwo seine Gerechtsame auf einen Kupfer- oder Silbererzgang. Einmal wurde ich in eine entlegene, unbekannte Pampa (schutterfüllte Talweite) geführt, wo ich eine neue Veta ansehen sollte. Es lag da aber in der alten Grauacke der pazifischen Gebirgsmasse ein großer versteinerter Baumstamm, der etwas mit Kupfererz imprägniert war, wie es überall im Gestein zur Ausscheidung gekommen ist. Wirklich ertragreiche Gangerzbaue sind nicht häufig. Unter Hunderten von Minennamen verdienen nur wenige Erwähnung, so Guanaco in der Taltalwüste mit goldhaltigen Erzen und die Silbererz führenden Vorkommen von Cachinal (Taltal) und von Caracoles im Süden des Tocogebietes. Es handelt sich in diesen günstigeren Fällen um Scharungen von Gängen oder um weiträumigere Erzinfiltrationen von Gängen aus.

Ein Bergbau ist ganz besonderer Erwähnung wert. Das ist Chuquicamata, heute das größte Kupferbergwerk der Welt. Die während des

Weltkrieges schnell erblühte Bergwerksstadt liegt im Osten der hier hauptsächlich beschriebenen Salpeterzone von Toco. Dort ist ein Granodioritstock derart intensiv von Erdbebenklüften zerrissen, daß alle feinen Gesteinsspalten sich mit Kupfererzen füllen konnten. Einzelne Gänge kann man auch hier nicht abbauen, aber auf das Gesamtgestein des Kupferberges von Chuquicamata berechnet, ergibt sich ein Kupfergehalt von etwa 2%. Das ist nun das rechte Objekt für die Großzügigkeit und Kapitalkraft nordamerikanischer Unternehmungen. Die „Chile Exploration“ fährt einfach den ganzen Berg ab. Große Bergwände werden auf einmal losgesprengt. Riesige Eisenbahnzüge, von Schnellzuglokomotiven gezogen, schaffen die Felsmassen zum Brecherwerk. Dort werden die Güterwagen von eisernen Armen gepackt und ausgekippt. Der Inhalt wird im System der Brecher zu kiesigen und staubigen Trümmern zerlegt. Weiter wandert dies Material in große Schwefelsäurebassins, in welchen sich eine Vitriollösung anreichert, die dann elektrolytisch weiterbehandelt wird. Aus 10 000 t Rohmaterial gewinnt man täglich bis zu 300 t Kupfer. Die gewaltige Anlage, die augenblicklich noch erheblich erweitert wird, muß sich aber in einer kurzen Reihe von Jahren amortisieren. Denn dann ist der Berg so weit abgetragen, wie er salinische und oxydische Erze führt. Für die darunter folgende sulfidische Zone ist die Anlage nicht verwendbar. Die elektrische Kraft liefert ein mit Öl arbeitendes Kraftwerk an der Küste. Bemerkenswert ist, daß nicht nur



Abb. 8. Kupferberg von Chuquicamata. Frisch gesprengte Wand in kupferhaltigem Granodiorit.

alles Eisen weggeworfen wird, sondern auch die Überproduktion an Schwefelsäure keine Verwendung findet. Diese nordamerikanische Kolonie inmitten der chilenischen Wüste kann wohl der Ausgangspunkt werden für weitere aus derselben wirtschaftlichen Kraftquelle genährte Industrieunternehmungen der Gegend.

Die Wüste enthält beträchtliche Eisenerzvorkommen. Ich beobachtete recht schöne Spateisensteingänge, und wahrscheinlich gibt es auch brauchbare Magneteisenerze, worüber meine Studien aber noch nicht abgeschlossen sind. Ohne über noch anderweitige Möglichkeiten heute etwas auszusagen, darf doch eine zukünftige Verwertung der Eisenvorräte vorausgesehen werden.

Manche Bodenschätze müssen infolge der Unwirtlichkeit des Landes ungenützt liegenbleiben. Ich fand

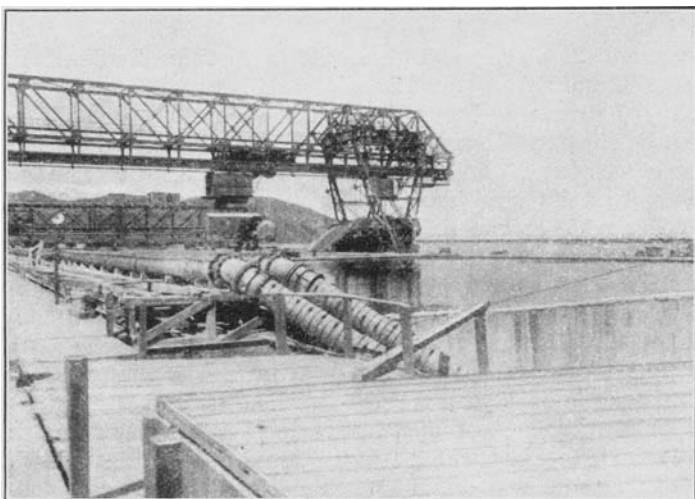


Abb. 9. Kupferwerk Chuquicamata. Schwefelsäurebassins für die Gesteinslaugung. Vorrichtung zur mechanischen Entfernung der Rückstände. Im Hintergrunde der Kupferberg.

u. a. eigenartige Marmorvorkommen, sog. Kontaktmarmore, und erwähne sie nur, weil nach mir von anderer Seite großes Aufsehen von derartigen Funden gemacht worden ist. Man muß allerdings wissen, daß in den meisten Gegenden Chiles Kalk und Zementrohmaterial ein begehrter Artikel ist, der stellenweise sogar unterirdisch gewonnen wird. Etwas Besonderes ist ferner der Onyxmarmor, den ich in der Sierra de Moreno, in der sog. Mittelkordillere untersuchte. Onyxmarmor sieht man heute in jedem Luxuswarengeschäft in Form von geschliffenen Lampenfüßen, Schreibzeugen, Aschenbechern usw. Das stark durchscheinende, gelbliche oder grüne oder braungebänderte

Gestein wird in großem Maßstabe in der mexikanischen Wüste und den angrenzenden Gebieten gewonnen. Dieselben Quellabsätze haben sich zu diluvialer Zeit auch in der chilenischen Wüste gebildet, und, wenn die ebengenannten Fundplätze ausgebeutet sein werden, kommen vielleicht auch die südamerikanischen in Frage.

Negativ ist die Nutzbarkeit der Guano vorkommen der Wüste (nicht der Küste) zu beurteilen. Es handelt sich nur um geringfügige, nesterartige Häufchen inmitten des Wüstenschuttes, Ausscheidungsprodukte von Seevögeln. Diese hatten die merkwürdige Gewohnheit, und man beobachtet das in beschränktem Umfange noch jetzt, daß sie zum Brüten die küstenfernen Wüstentäler aufsuchen. Wirtschaftlich kommen diese Mengen nicht in Betracht, leider auch kaum die marinen Phosphatknollenschichten, die ich in alten Sedimenten der pazifischen Gebirgsmasse fand.

Ein natürlicher Schatz kann auch das Wasser sein, zumal in solcher Wüste, die ein Industriegebiet sein oder werden soll. Stellenweise gibt es Thermalquellen. Praktisch bedeutsamer ist der schon mehrfach genannte Rio Loa, trotzdem er kein Süßwasser führt. Sein extremes Gefälle von rund 1% und sein meist sehr enger Cañon begünstigen die Anlage von Stauwerken. Die beiden bisher existierenden liefern den Salpeterwerken erhebliche Mengen elektrischer Energie. Damit ist die Wasserkraft des einzelnen Wüstenflusses jedoch längst nicht verbraucht. Chuquicamata hat wohl bisher auf diese Kraftquelle verzichtet, um den Import des nationalen Erdöles nicht zu schmälern.

Das weitere Schicksal dieses eigenartigen Industriegebietes dürfte hauptsächlich von drei Faktoren abhängen: 1. Vom Willen kapitalkräftiger Konzerne, 2. von der Arbeiterfrage, 3. von der Zoll- und Verkehrspolitik der chilenischen Republik. Aller unter diesen drei Stichworten angedeuteten zeitweiligen Schwierigkeiten vermag wohl das gewaltig vordringende nordamerikanische Unternehmertum Herr zu werden, das schon jetzt in Anfängen zeigt, wie ein Land, oder vielleicht, wie eine ganze Kontinentalküste friedlich erobert werden kann. Man wird die Wüste nicht in den Todesschlaf zurücksinken lassen, aus dem sie einst geweckt worden ist durch kühne Industriepioniere, unter denen deutsche Männer zahlreich und führend waren. [A. 12.]

Chilesalpeter oder synthetischer Natronsalpeter?

Von Dr. H. EDELBÜTTEL, Rostock.

(Eingeg. 16. März 1928.)

Die Jodfrage, die im Zusammenhang mit der Kropf- und Kretinismusbekämpfung nach den ausgezeichneten Untersuchungen insbesondere schweizerischer Forscher (1) vor wenigen Jahren auch über die wissenschaftlichen Kreise hinaus allgemeines Aufsehen erregte, ist in dem letzten Jahr in erster Linie zu einem landwirtschaftlichen Problem geworden. Diese Entwicklung kann nicht überraschen, denn wenn jene Krankheitserscheinungen in engstem Zusammenhang mit ungenügender Jodzufuhr durch Trinkwasser, Kochsalz, pflanzliche und tierische Nahrungsmittel stehen, lag es nahe, außer durch unmittelbare Jodgaben in Form von Tabletten, von jodiertem Kochsalz und jodiertem Trinkwasser auch durch jodreichere Feldfrüchte eine planmäßige Bekämpfung bzw. Prophylaxe der Jodmangelkrankheiten anzustreben. Voraussetzung war naturgemäß dabei, daß durch jodhaltige Düngemittel eine Jodspeicherung in den Feldfrüchten

möglich war, daß weiter solches in den Pflanzen gebundene Jod auch gut vom menschlichen Darm resorbiert wird. Da, wie hier gleich betont werden soll, dies letztere nicht der Fall ist, so ergab sich weiter die Frage, ob jodreichere Futterpflanzen eine Erhöhung des Jodgehalts in Milch, Eiern, Fleisch usw. bewirken, so daß das dem Acker zugesetzte Jod in dieser gut resorbierbaren Form dem menschlichen Organismus zugeführt werden kann.

Selbstverständlich konnte als jodhaltiges Düngemittel für die Praxis nur ein von Natur her jodführendes in Frage kommen, nämlich der Chilesalpeter, selbstverständlich setzte auch die Verwendung dieses im Vergleich zu unseren inländischen synthetischen jodfreien Stickstoffdüngemitteln teuren Düngers zum Ausgleich der höheren Gestehungskosten bessere Ernteerträge voraus. Es ist wohl zu verstehen, daß etwa mögliche Ertrags-