

sind so niedrig, daß damit unbedingt große Chlorkaliumgehalte der sehr viel reichlicher fallenden Laugenmengen gegeben sind. Aus Bittersalzlauge und Chlorkalium in einem Gange Kaliumsulfat machen zu wollen, ist, vom wirtschaftlichen Standpunkt aus betrachtet, ein gleich unnützes Streben, wie das der Goldmacherei.

Aber trotz der gewaltigen Fülle des von van't Hoff geschaffenen Materials waren noch viele Lücken auszufüllen. Van't Hoff hat die Verhältnisse bei 25° und 83° klar gestellt. Was zwischen den Temperaturen oder davor und dahinter vor sich ging, konnte man nur vermuten. Diese Lücken hat D'Ans in seiner Arbeit mit A. Bertsch und A. Geßner zum Teil aufgefüllt. In den „Untersuchungen über die Salzsysteeme ozeanischer Salzablagerungen“ Zeitschrift „Kali“, Jahrgang 1915, Heft 10–17, hat er die Verhältnisse bei 0° und 55° untersucht und damit das weite Feld der Vermutungen um ein beträchtliches eingeengt. Ganz besonders den Anwendungen auf die Fabrikpraxis und dabei wieder besonders der Kalimagnesia und dem Kaliumsulfat widmete er besondere Aufmerksamkeit.

Die D'Ans'schen Arbeiten werden durch die früheren von Boecke und Jänecke insofern glücklich ergänzt, als durch die beiden letzteren eine praktische Methode in Dreiecksdarstellung geschaffen wurde, die das Studium dieser komplizierten Fragen wesentlich erleichtert.

Heute werden die Arbeiten van't Hoffs, Kubierschky's, D'Ans immer mehr zum Rüstzeug des Kalichemikers. Sie haben es unter anderen K. Koelichen ermöglicht, in neuester Zeit zusammen mit C. Przibylla wieder einen großen Schritt auf dem Wege der Vervollkommenung des Kalimagnesiaprozesses vorwärts zu tun.

Wenn all diese in langen Jahren geschaffenen idealen Werte erst Gemeingut des — wenn auch verhältnismäßig kleinen — Kreises der deutschen Kalichemikerschaft geworden sein werden, wird die Kaliindustrie und damit unser Vaterland den Segen dieser Arbeit verspüren. Und wenn dann dankbar all der Männer gedacht werden wird, die dazu beitrugen, diesen Segen zu schaffen, so wird der Name Heinrich Prechts gewiß nicht an letzter Stelle stehen.

Dem Jubilar danke ich an dieser Stelle nochmals, daß er mir aus seinen Erinnerungen manches zur Verfügung stellte, was in den vorstehenden Zeilen Verwendung gefunden hat. [A. 155.]

## Amerikas Gründe und Bemühungen zur Schaffung einer eigenen Kaliindustrie.

Von W. MAYER, Berlin.

Zur Befriedigung der immer stärker werdenden Nachfrage nach Stein- und Speisesalz hatte der preußische Fiskus im Jahre 1851 in Staßfurt auf Betreiben des Geheimen Bergrats von Carnall einen Schacht angesetzt. Als man im Jahre 1856 salzfündig wurde, zeigte es sich, daß man nicht, wie gehofft, reines Kochsalz, sondern ein mit Kali- und Magnesiaverbindungen verunreinigtes Salz angefahren hatte. Erst beim Weitersteigen fand man später auch das reine Steinsalz, das dann bergmännisch abgebaut wurde. Die unreinen, schlecht schmeckenden, zerfließlichen Salze, die man abräumen mußte, um zu dem gesuchten Steinsalzlager zu kommen, mit denen man zunächst gar nichts anzufangen wußte, die also nur unbequeme Bestandteile des Fördergutes bildeten, erhielten den wenig schmeichelhaften Sammelnamen „Abraum-Salze“. Die großen Mengen, in denen diese Salze anfielen, und das ziemlich mächtige Vorkommen derselben legten aber doch den Gedanken einer eingehenden analytischen Prüfung derselben mit dem Ziele der direkten Verwertung oder der Verarbeitung auf irgendein gängiges Handelsprodukt, für welches entsprechende Nachfrage bereits vorlag oder zu schaffen war, nahe.

Fußend auf den Lehren Justus von Liebig's über die Notwendigkeit des Ersatzes der durch die Ernte entzogenen Mineralstoffe, namentlich Kali, Phosphorsäure und Stickstoff für die Aufrechterhaltung der Fruchtbarkeit des Bodens, dachte man zunächst an eine direkte Verwendung der Abraumsalze, namentlich des Carnallits als Düngemittel. Dies erwies sich jedoch, wie sich bald zeigte, wegen des Chlormagnesiumgehaltes desselben, der pflanzenschädigend wirkte, als unmöglich. Erst als im Jahre 1865 das herzoglich anhaltische Salzwerk ein Kainitlager größerer Mächtigkeit angefahren hatte, stellte sich heraus, daß dieses Rohsalz, das das Magnesium als Sulfat enthielt, ohne weiteres zur Düngung verwandt werden konnte. Inzwischen hatten aber auch die Chemiker das Problem aufgegriffen, und verschiedene Fabriken nahmen die Herstellung von Chlorkalium, für das damals in der Industrie bereits ein Markt vorhanden war, auf. Auch die Herstellung von schwefelsaurem Kali zuerst aus Kainit, später durch Umsetzung von Chlorkalium mit schwefelsaurer Magnesia, kam bald in Gang. Diese gereinigten Salze, welche nur sehr geringe Mengen Chlormagnesium enthielten, erwiesen sich zur Düngung ganz hervorragend geeignet und führten sich neben den Rohsalzen auch in der Landwirtschaft langsam ein. Aber immer noch bezog die Industrie den größten Teil sämtlicher Produkte der Staßfurter Kaliindustrie sowohl der Rohsalze als auch der Fabrikprodukte. Die Landwirtschaft stand an zweiter Stelle. Erst im Jahre 1887 trat die Wendung ein. Die Landwirtschaft nahm den größeren Teil der Erzeugnisse für sich in Anspruch, und wenn auch in der Industrie der Verwertung der Kali-

und Magnesia-Salze immer wieder neue Wege gewiesen wurden, so blieb doch die Landwirtschaft von diesem Jahre an der Hauptabnehmer der Erzeugnisse der Kaliindustrie derartig, daß im Durchschnitt der letzten Jahre nicht einmal mehr 10% der gesamten inzwischen ganz gewaltig gestiegenen Erzeugung von der Industrie aufgenommen, der Rest von der Landwirtschaft abgefordert wurde.

Die zunehmende Verwendung der Kalisalze als Düngemittel in der Landwirtschaft ist einmal darauf zurückzuführen, daß man sich seit Liebig's Zeiten über die Grundlagen der Pflanzenernährung immer mehr klar wurde, daß man allmählich von der einseitigen Düngung mit Kalk und später mit Phosphorsäure abkam und in klarer Erkenntnis des Gesetzes vom Minimum mehr und mehr dazu überging, jeder Pflanze diejenigen Nährstoffe und in denjenigen Mengen zur Verfügung zu stellen, deren sie unter Berücksichtigung der Boden- und klimatischen Verhältnisse sowie der Ertragsmöglichkeit der Sorte zur Hervorbringung einer Höchsterte bedarf. In zweiter Linie machte die zunehmende Ausdehnung des Welthandels, die Beeinflussung der Wirtschaft der einzelnen Staaten durch die Weltwirtschaftslage, es auch für die Landwirtschaft nötig, daranzugehen, durch Steigerung der Ernteerträge unter gleichzeitiger Herabsetzung der Gesteungskosten die Verkaufspreise der Nahrungsmittel für den Inlandbedarf der Bevölkerung dem Weltmarktpreise anzupassen. Denn hohe Zölle schranken für Nahrungsmittel, die ganz besonders die Lebenshaltung der Industriearbeiter und damit auch die Gesteungskosten der zum großen Teil auf Ausfuhr angewiesenen Industrie selbst ungünstig beeinflussen mußten, ließen sich vor dem Weltkriege nur mit allergrößten Schwierigkeiten aufrichten oder aufrechterhalten. Alles drängte dem freien Handel, der Internationalisierung der Wirtschaft zu mit dem an und für sich sicher gesunden und erstrebenswerten Ziele, jede Welthandelsware, wozu ja auch die Nahrungsmittel gerechnet werden müssen, an der Stelle zu erzeugen, wo die Grundbedingungen für die Herstellung am günstigsten und sichersten, die Verhältnisse für den Abtransport am einfachsten lagen.

In bezug auf die landwirtschaftliche Erzeugung sowohl an Nahrungs- und Genußmitteln als auch Industriepflanzen, wie Tabak, Faserpflanzen usw., trat allmählich eine weitgehende Teilung ein, dahingehend, daß genußmittel-, industriepflanzen- und auch fettliefernde Gewächse sowie Reis in dem hierzu ganz besonders gut geeigneten weiteren Tropengürtel angebaut wurden, während die Getreidepflanzen und Hackfrüchte ihren Platz in der Landwirtschaft der gemäßigten Zone einnahmen. Aber trotz dieser Teilung im Anbau, die selbstverständlich später einen Austausch der Ernteprodukte vorsah und auch nach sich zog, und die eine besonders rationelle Ausnutzung des Bodens und besonders der klimatischen Bedingungen gestattete, bildeten sich doch bald namentlich im dichtbevölkerten und stark industrialisierten Europa Bedarfsgebiete, und in den dünnbevölkerten, die Landwirtschaft im großen Umfang treibenden Staaten der Neuen Welt Überschußgebiete heraus. Das Bedürfnis des Ausgleiches machte sich nicht nur in Bezug auf einzelne Erzeugnisse der tropischen Zone, deren Stammpflanzen in der gemäßigten Zone nicht angebaut werden konnten, sondern auch in bezug auf die Gewächse der gemäßigten Zone selbst recht fühlbar, und dieser Ausgleich ist, sofern nicht besonders staatliche Maßnahmen wie Aus- oder Einfuhrverbote oder Erschwerungen durch Zölle, Einfuhrkontingentierungen usw. vorgenommen wurden, in allererster Linie eine Preisfrage. Die Alte Welt hatte auf verhältnismäßig kleiner Fläche eine hochentwickelte Landwirtschaft geschaffen, die es gelernt hatte, unter Anwendung aller modernen Hilfsmittel dem Boden hohe Ernten abzurufen, mit anderen Worten, sie hatte die intensive Wirtschaftsweise eingeführt und außerdem noch den Vorzug der Erzeugung an Ort und Stelle und dadurch Ersparung der Frachtkosten für sich. Die Neue Welt dagegen verfügte über große, billig zu Buche stehende Flächen, die plantagenmäßig, allerdings zuerst unter Verzicht auf Höchsterten bewirtschaftet wurden, führte also mehr den extensiveren Betrieb, der an und für sich billiger kam, weniger Betriebskosten verursachte, dafür aber auch niedrigere Erntemengen von der Flächeneinheit einbrachte. Zu den Gesteungskosten kamen für die Erzeugnisse der Neuen Welt dann noch Land- und Seefrachten, die manche Betriebsersparnis der extensiveren Wirtschaft wieder ausglich. Alle diese in gewissem Umfang beeinflussbaren Faktoren wirkten dahin, daß die Preisunterschiede nicht so erheblich waren, um die Einfuhr aus den Überschußgebieten in die Bedarfsgebiete unmöglich zu machen, ja zu gewissen Zeiten war sogar das Ausland z. B. für Deutschland ein gefährlicher Konkurrent der Inlandsgetreideerzeugung. Gewisse vom deutschen Staate namentlich in klarer Erkenntnis der Bedeutung der Landwirtschaft für die Allgemeinheit des Landes getroffenen Vorkehrungen ließen zwar dem Spiel der Kräfte nicht ganz freien Lauf, spornten aber doch beide Teile zu eifrigem Wettbewerb an. Die europäische Landwirtschaft, speziell die Deutschlands, war gezwungen, hohe Ernten zu nicht zu teuren Preisen dem Boden abzurufen, um die Preisspannung zwischen den Inlands- und Auslandsprodukten nicht zu hoch werden zu lassen. Gleichzeitig entspann sich zwischen den Überschußländern der Neuen Welt der Konkurrenzkampf um das Absatzgebiet, und jeder Konkurrenzkampf ist in erster Linie ein Preiskampf. Eine Beeinflussung der Preise war möglich ent-

weder durch Verbilligung der Erzeugung an und für sich oder durch Hervorbringung einer hohen Erntemenge von der Flächeneinheit; namentlich der letzte Gesichtspunkt spielt in der Landwirtschaft eine ganz hervorragende Rolle. Der Betrag der Grundrente, die Kosten für die Vorbereitung des Bodens, für das Aussaat- und Pflanzgut, für die Bearbeitung während der Wachstumszeit sind genau dieselben, ob man eine gute oder schlechte Ernte macht, und bei einer guten Ernte stellen sich lediglich die Kosten für den Abtransport und die Nachbehandlung der Ernte etwas höher.

Als Mittel zur Steigerung der Ernteerträge von der Flächeneinheit kommen in der Hauptsache die bessere Vorbereitung des Bodens, der Anbau guter ertragsreicher Sorten, ein möglichst weitgehender Schutz gegen Angriffe tierischer und pflanzlicher Schädlinge und schließlich noch eine richtige und zureichende Ernährung der angebauten Gewächse in Betracht. Die Statistik über die Ernten an landwirtschaftlichen Produkten weist in den letzten Jahrzehnten gegenüber den früheren bedeutende Mehrernten auf. Diese sind zum mindesten zu 50 % auf die zunehmende Erkenntnis der Wichtigkeit der Pflanzenernährung und der Umsetzung dieser Erkenntnis in die Tat durch Einführung der künstlichen Düngung zurückzuführen. Zur zweckmäßigen und Erfolg versprechenden Ausführung derselben ist bei fast allen Böden und allen Klimaten eine Zuführung mindestens der drei von Liebig als Hauptnährstoffe erkannten Elemente in pflanzenaufnehmbarer, d. h. entweder direkt wasserlöslicher oder in sehr verdünnten schwachen Säuren löslicher Form notwendig.

Wie liegen nun weltwirtschaftlich die Verhältnisse für die Beschaffung der Roh- und eventuellen Hilfsstoffe zur Herstellung künstlicher Dünger für die Vereinigten Staaten?

Stickstoff wurde früher in großen Mengen aus Chile als Natronsalpeter eingeführt; später verwendete man auch das in den Kokereien und Gasanstalten anfallende Ammoniak, und schließlich lernte man den freien, gasförmigen Stickstoff der Luft in gebundene Formen überzuführen. Außerdem konnte durch gewisse betriebswirtschaftliche Maßnahmen, namentlich eine gute Konservierung der tierischen Abfälle und durch Einfügung der Gründüngung, die Stickstoffmenge, die einer Wirtschaft in Form von Kunstdünger zugeführt werden mußte, ziemlich bedeutend herabgesetzt werden. In bezug auf die Verhältnisse in den Vereinigten Staaten kann man nach den Erfahrungen des Weltkrieges wohl sagen, daß die günstige Lage derselben an zwei Ozeanen und die Unwahrscheinlichkeit, beide Küsten gleichzeitig schützen zu müssen, evtl. unter Zuhilfenahme der Transandenbahn ihnen wohl immer einen Weg nach Chile offen halten wird. Auch fällt die unbestrittene Vormachtstellung der Vereinigten Staaten auf ihrem Weltteile hier in die Wagschale. Wie weit die Bemühungen der Vereinigten Staaten, eine Luftstickstoffindustrie zu schaffen, Erfolg gehabt haben oder noch haben können und dürfen, soll hier nicht untersucht werden. Eine katastrophale Stickstoffknappheit für die Landwirtschaft ist also, sofern nicht ein ganz besonderer Umschwung in den politischen Verhältnissen eintritt, für die Vereinigten Staaten nicht zu befürchten.

Noch viel günstiger stellt sich die Phosphorsäureversorgung der amerikanischen Landwirtschaft. In den Vereinigten Staaten befinden sich ungeheure, noch für viele Jahrhunderte ausreichende Lager an besten Rohphosphaten, und immer noch werden in diesem, mit Rohstoffen so unendlich reich gesegneten Lande neue entdeckt. Bis jetzt hat man überhaupt nur die reichsten, fruchtlich günstigsten gelegenen Vorkommen im Tagebau erschlossen, die übrigen aber unverritz lassen, an eine Förderung durch Tiefbau wird in Anbetracht der großen Vorräte in diesem Jahrhundert wohl nicht mehr gedacht werden müssen. Da Amerika auch z. B. in Louisiana große Schwefellager sein eigen nennt, konnte es jederzeit auch beim Fehlen der Pyrite die zur Umwandlung der Rohphosphate in Superphosphate nötigen Mengen Schwefelsäure selbst herstellen. Außerdem fallen in den großen Schlachthäusern und Konservenfabriken dauernd größte Mengen Knochen sowie Blut und Fleischabfälle an, die auf Knochenmehl und Tankage verarbeitet werden und namentlich für die leichteren Böden der Südstaaten einen sehr guten Phosphorsäure- und Stickstoffdünger ergeben. In bezug auf die Phosphorsäureversorgung ihrer Landwirtschaft sind die Vereinigten Staaten also beneidenswert unabhängig.

Ganz anders liegen die Verhältnisse aber in bezug auf die Kaliversorgung. Kalilager, welche in ihrem Umfange und der Art des Vorkommens nach sich zur Ausbeutung eignen, waren, wenn man von dem kleinen Vorkommen in Kalusz absieht, bis zum Jahre 1910 eigentlich nur in Deutschland bekannt, und nur dort wurden sie planmäßig ausgebeutet. Ohne Übertreibung kann man feststellen, daß bis zum Kriege der größte Teil der Landwirtschaft der ganzen Welt, soweit sie Kalidünger verwendete, sich auf den Bezug von deutschem Kali eingestellt hatte. Die amerikanische Landwirtschaft, die auf den Absatz eines großen Teiles ihrer Produkte auf den Weltmarkt angewiesen war, brauchte Kali zur Erhöhung und Verbilligung ihrer Ernten und teilweise auch zur Verbesserung der Güte derselben. Ein schlagender Beweis ist die Tatsache, daß die Einfuhr deutschen Kalis nach den Vereinigten Staaten im Laufe der Jahre immer mehr zugenommen hat.

Wenn nun auch der Verbrauch von Kali in der Landwirtschaft bei weitem den der Industrie übersteigt, so war der letztere doch auch ein immerhin beträchtlicher zu nennen. Vor allem ist das Kali zur Herstellung gewisser Erzeugnisse vollständig unentbehrlich, es gibt keinen Ersatz dafür. Namentlich für gewisse Glassorten, Seifen, Arzneimitteln und andere Präparate der chemischen Industrie, Zündhölzer, Explosivstoffe usw. können nur Kalisalze Verwendung finden, da die entsprechenden Verbindungen des Natriums und Ammoniums nicht dafür herangezogen werden können.

Die Verhältnisse lassen sich mit größter Genauigkeit statistisch fassen, da beim Kalisyndikat alle Aufträge eingehen, und jede Erledigung des Auftrages von seiten des Werkes auch nach dorthin gemeldet werden muß. Es stellt sich der Verbrauch der Vereinigten Staaten an deutschem Kali für Industrie und Landwirtschaft verglichen mit der Gesamtförderung und mit dem deutschen Verbrauch in den verschiedenen Jahren folgendermaßen:

Tabelle 1. Absatz an Kalisalzen in den Vereinigten Staaten von Nordamerika in dz Salz und in dz Reinkali (K<sub>2</sub>O), verglichen mit der Gesamtförderung und den in Deutschland abgesetzten Kalisalzen.

Jahr	Gesamtförderung		Deutschland		Ver. Staaten von Nordamerika	
	dz Salz	dz K <sub>2</sub> O	dz Salz	dz K <sub>2</sub> O	dz Salz	dz K <sub>2</sub> O
a) Landwirtschaft:						
1895	15 315 856	1 751 923 <sup>1)</sup>	4 881 489	598 000	1 388 759	339 072
1900	30 370 358	3 473 951 <sup>1)</sup>	8 334 722	1 172 114	2 936 046	651 089
1905	48 785 984	5 580 446 <sup>1)</sup>	14 365 406	2 021 094	5 440 441	1 090 926
1910	81 607 785	9 334 808 <sup>1)</sup>	22 198 735	3 593 358	11 031 967 <sup>2)</sup>	2 449 106
1913	116 075 105	13 277 396	30 130 308	5 361 026	9 621 544	2 316 896
b) Industrie:						
1895	15 315 856	1 751 923 <sup>1)</sup>	651 026	308 199	94 232	47 399
1900	30 370 358	3 473 951 <sup>1)</sup>	954 544	457 647	146 983	74 046
1905	48 785 984	5 580 446 <sup>1)</sup>	997 144	471 173	158 986	80 114
1910	81 607 785	9 334 808 <sup>1)</sup>	1 244 676	594 078	176 385	89 039
1913	116 075 105	13 277 396	1 426 917	681 802	225 926	114 111

Es hatte sich also im Laufe der Zeit die Verteilung der Kaliförderung so eingespielt, daß Deutschland etwa die Hälfte der Erzeugung, auf Reinkali bezogen (dies ist die einzige zuverlässige Berechnungsweise) für sich verwendete,  $\frac{1}{4}$  nach den Vereinigten Staaten ging, und der übrige Rest, auch etwa  $\frac{1}{4}$  betragende Rest von der ganzen übrigen Welt zusammen abgefordert wurde.

Für die Vereinigten Staaten, die eine fast geschlossene Wirtschaftsform bilden und in bezug auf Rohproduktbezug vom Auslande so weitgehend unabhängig sind wie kein anderes Land, stellte das Fehlen eines für Landwirtschaft und Industrie so wichtigen Elements, wie es das Kali ist, eine Tatsache dar, die der Beachtung gewisser Kreise nicht entgehen konnte. Man wurde sich der immer stärker werdenden Abhängigkeit von Deutschland bewußt und suchte Mittel und Wege, sich von derselben zu befreien. Bereits im ersten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts wurden aus den Mitteln des lautenden Etats vom Ackerbauministerium Untersuchungen und Versuche angestellt, bis am 4. März 1911 der Kongreß der Vereinigten Staaten folgende zwei Ausgabebetitel im Budget bewilligte:

1. Bei der geologischen Landesanstalt:

„Einen Betrag von 40 000 Dollar für Arbeiten zur Erforschung und Aufsuchung geologischer Verhältnisse, die für das Vorkommen von Kalisalz-Ablagerungen voraussichtlich günstig sein könnten.“

2. Beim Ackerbauministerium, Abtlg. für Bodenkunde:

„12500 Dollar für innerhalb der Grenzen der Vereinigten Staaten vorzunehmende Untersuchungen, die bezwecken, Vorkommen von Kali, Nitraten oder anderen Düngemitteln aufzufinden oder Rohmaterialien zu entdecken, die eine Verarbeitung auf einen der genannten Stoffe lohnend erscheinen lassen.“

Es ist bemerkenswert, daß bereits vor Bewilligung dieser Titel absolut ernste, vornehme Zeitschriften wie das National Geographic Magazine in seiner Aprilnummer des Jahres 1911 in einem Artikel „American Potash for America“ (Amerikanisches Kali für Amerika) eine Erhöhung der bereitzustellenden Summe verlangte, ein Beweis dafür, wie aufmerksam man schon damals die Kalifrage in gewissen Kreisen verfolgte.

Die Arbeiten, für welche genügend Mittel vorhanden waren, gingen nun eine Zeitlang weiter. Sie nahmen an Umfang zu und bezogen allmählich alle nur irgendwie als Ausgangsmaterialien für die Kaligewinnung in Betracht kommenden Rohstoffe in den Kreis der Untersuchungen ein. Vor allem suchte man zunächst nach salinen Ablagerungen, um, ähnlich wie in Deutschland, das Kali bergmännisch zu gewinnen. Ferner untersuchte man die kalihaltigen Salzsolen, die an gewissen Stellen der Union zutage traten, analysierte das Was-

<sup>1)</sup> Geschätzte Ziffern (nach dem Durchschnitt von 1913 berechnet).

<sup>2)</sup> Überbedarfseinfuhr aus Anlaß der Erneuerung des Syndikats in diesem Jahre.

ser der Salzseen, durchforschte die in einzelnen Staaten des mittleren Westens und Westens in ziemlicher Ausdehnung vorkommenden Salzauswitterungen, bereits weitgehend ausgetrocknete Salzseen und Schlamme und versuchte das in kalihaltigen Gesteinen enthaltene Kali aufzuschließen, schenkte seine Aufmerksamkeit den geringen Mengen Kali, die bei der Herstellung einiger Massengüter, wie z. B. Zement und Roh-eisen, in den Abgasen der Feuerung auftraten, und schließlich entging auch das in verschiedenen organischen Verbindungen enthaltene Kali dem Spürsinn der amerikanischen Forscher nicht. Berichte über den Fortgang der Arbeiten wurden von Zeit zu Zeit von den Regierungsstellen veröffentlicht, fanden aber vor dem Kriege wohl meistens nur die Beachtungen der wissenschaftlichen Welt und der Unternehmer, weniger die der Verbraucher. Für letztere spielte die Preisfrage die entscheidende Rolle, und da es vor dem Kriege ein anerkannter Grundsatz und eines der vielen ungeschriebenen Gesetze der amerikanischen Wirtschaftspolitik war, daß Düngemittel nicht mit Zöllen belegt werden durften, so glaubte man die Lösung der Frage, ob das in Amerika herzustellende Kali das deutsche vom Markte zu verdrängen imstande sein würde, ruhig abwarten zu können. Immerhin kann man der systematischen Arbeit und gründlichen Durchforschung der Frage seitens der Amerikaner, rein objektiv betrachtet, seine Anerkennung nicht versagen, denn es ist kein Rohstoff, der nur irgendwie Kali enthält, sei er organischer oder anorganischer Natur, und kein Nebenprodukt unbeachtet geblieben. Überall setzten entsprechende Versuche zum Teil in großem Maßstabe ein, um die Abhängigkeit von Deutschland abzuschütteln, das deutsche Monopol zu brechen.

Ein mächtiger Anstoß und eine starke Beschleunigung, namentlich in bezug auf die technische Seite der Lösung der Frage, trat aber durch den Weltkrieg ein. Die Unterbrechung der Einfuhr von deutschem Kali ließ die dort aufgestapelten Lager bald zusammenschmelzen, und man war zunächst für gewisse Zwecke der Kriegsindustrie darauf angewiesen, sich Kali zu verschaffen. Der Preis spielte hierbei keine Rolle, und so setzte bereits im Jahre 1915 die Herstellung von Kalisalzen zunächst aus Holz-asche und einigen organischen Quellen ein. Im folgenden Jahre waren bereits Fabriken zur Verarbeitung von Gesteinen auf wasserlösliches Kali im Gange, und auch die natürlichen Salzvorkommen in den Salzseen wurden ausgebeutet. Im Jahre 1917 nahm die Zahl der Fabriken und die der Rohprodukte, aus denen das Kali gewonnen wurde, sowie die Menge des erzeugten Kalis noch weiter zu, um im Jahre 1918 ihren Höhepunkt zu erreichen. Bald nach Abschluß des Waffenstillstandes trafen auch bereits die ersten Ladungen deutschen Kalis wieder in den Häfen der Union ein.

Als die deutschen Kalizufuhren aufhörten, griff man zunächst auf diejenigen Kaliquellen zurück, die seit langer Zeit bekannt waren, nämlich die Holz-asche und den Seetang. Das Kali ist in der Holz-asche hauptsächlich in Form von kohlensaurem Kali und in geringen Mengen auch als Chlorkalium enthalten; die Herstellung bietet keine technischen Schwierigkeiten und erfordert auch keine große Apparatur. Einfaches Auslaugen mit nicht zu großen Mengen Wassers, Klären und Eindampfen der Lösungen, sind die einzig erforderlichen Operationen; nur ist es nicht leicht, sich die nötige Menge Holz-asche zu beschaffen, da ein Transport derselben auf weite Entfernungen aus leicht verständlichen Gründen unzulässig ist. Es haben aber bis zum Jahre 1920 sich noch Fabriken mit der Verarbeitung der Holz-asche beschäftigt, was in erster Linie damit zusammenhängt, daß für Kaliumcarbonat für industrielle und andere Zwecke ein Markt vorhanden ist, und daß sich hier die Konkurrenz des deutschen Kalis, das vorwiegend in Chlorid- und Sulfatform geliefert wird, nicht so stark fühlbar macht. Im Jahre 1921 stellten aber auch diese Fabriken ihren Betrieb ein.

Das nächste Rohmaterial, das billig zu erwerben war und auf verhältnismäßig rohe Weise verarbeitet werden konnte, war der Seetang. Der pazifischen Küste der Vereinigten Staaten sind stellenweise ungeheure Seetangwiesen vorgelagert. Der Tang wird von der Brandung und von Stürmen losgerissen und ans Ufer gespült, wo er in dem heißen Klima allmählich trocknet. Dieser Tang ist von alters her auf Jod und Kalisalze verarbeitet worden, und es bestanden auch bereits früher Fabriken, die den lufttrocknen Tang vermahlten, um ihn in dieser Form als kali- und stickstoffhaltiges Düngemittel der Landwirtschaft zur Verfügung zu stellen. Die Nachteile eines derartig gemahlenen Tangs, der etwa folgenden Gehalt aufweist: 1,2 % Stickstoff, 44,8 % Rohasche, 10,1 % Kali, 0,5 % Phosphorsäure, sind vor allem sein Kochsalzgehalt, der ihn für manche, namentlich aride Klimaten und gewisse Kulturen ungeeignet macht, und sein im Verhältnis zu den darin enthaltenen Nährstoffen großes Volumen, woraus sich die Unmöglichkeit ergibt, denselben wegen der hohen Frachtkosten auf große Entfernungen zu versenden.

Von Seiten der Regierung wurden die Tangfelder systematisch aufgenommen, die vorkommenden Arten und ihre Fundplätze bestimmt, und der Gehalt der einzelnen Sorten an Kali festgestellt. Hierbei ergaben sich je nach Fundort und Art sehr bedeutende Unterschiede. Im Durchschnitt kann man in der wasserfreien Substanz mit etwa 25 % Chlorkaliumgehalt rechnen. Auf die Dauer war es unzulässig, eine Fabrikation auf die von selbst anfallenden, wechselnden Mengen des Rohmaterials aufzubauen, und man mußte dazu übergehen, den Tang im Meere selbst abzumähen, zu ernten

und ihn an Land zu bringen. Derartige Tang war natürlich naß, und das Trocknen eines solchen sperrigen Massengutes, das zum Teil noch aus lebenden Pflanzenzellen mit stark schleimigem Inhalt bestand, machte große Schwierigkeiten. Es dürfte dies der wundeste Punkt der ganzen Tangverarbeitung geblieben sein. Die direkte Extraktion der Kalisalze mit Wasser erwies sich als unmöglich. Der Zellverband mußte gelöst, die einzelnen Zellen geöffnet, und die aus dem Zellinhalt gleichzeitig mit den Salzen austretenden Schleimstoffe abgeschieden und unschädlich gemacht werden, ehe man die Salzlösung eindampfen konnte. Man griff deshalb zur Destillation des zum Teil nur mangelhaft vorgetrockneten Materials, welches außer dem kohligen, nicht allzuvorher auslaugbaren Rückstande noch organische Destillationsprodukte lieferte.

Einen anderen Weg schlug die Diamond Match Co. ein, die den Tang in großen, runden, eisernen Bassins unter Zusatz von Süßwasser zunächst verfaulen ließ. Die strichweise ganz unbesiedelte menschenleere Küste des Pazific dürfte einer der wenigen Orte in der Welt sein, wo eine derartige, die ganze Umgebung im weitesten Umkreise verpestende Anlage, gegen die auch schwerste sanitäre Bedenken erhoben werden müssen, errichtet werden konnte. Bei dieser Anlage war Kali nur ein allerdings recht erwünschtes Nebenprodukt. In der Hauptsache wurde die bakteriell zersetzte Tangsubstanz auf Aceton und höhere Alkohole, die in der Munitionsfabrikation dringend gebraucht wurden, verarbeitet. Diese Fabrik stellte deshalb kurz nach dem Waffenstillstand ihren Betrieb ein, was ohne weiteres klar ist, wenn man die Betriebsverhältnisse und Ergebnisse betrachtet. So soll eine gut ausgerüstete Fabrik, die etwa 1000 Arbeiter beschäftigte und einen täglichen Durchsatz von 1500 tassen Tang hatte, daraus etwa 20 t Kalisalze und 24 t Essigsäure als Ausbeute erzielt haben!

Verweilen wir zunächst noch bei den übrigen zur Herstellung von Kalisalzen herangezogenen Ausgangsmaterialien organischer Natur!

In der Hauptsache handelt es sich dabei um Abfallprodukte gewisser Industrien, die auch in einigen anderen Ländern bereits auf Kalisalze verarbeitet wurden. Namentlich der Rückstand bei der Zuckererzeugung, die Melasse, enthält ziemliche Mengen Kali. Bei der Weiterverarbeitung der Melasse sind zwei Wege möglich: entweder dieselbe wird entzuckert, was in den Vereinigten Staaten vorwiegend nach dem Steffensverfahren erfolgt, oder vergoren. Beim ersteren Verfahren wird die anfallende Lauge, im zweiten Falle die Schlempe verdampft und vergast. Schließlich weisen auch die Abwässer der Wollwäschereien einen gewissen Kaligehalt auf, der ausgenutzt werden konnte; aber groß sind die Mengen Kali, die auf diese Weise gewonnen wurden, nicht. Die Aschen mancher im Steppen- und Wüstenklima wachsenden Pflanzen weisen einen hohen Aschengehalt und in demselben einen verhältnismäßig hohen Kaligehalt auf. Namentlich ist dies der Fall bei einer Artemisia- und Prosopisart. Das Einsammeln der Pflanzen, Veraschen und Reinigen des wässerigen Auszuges ist, sofern man das Verfahren im großen Maßstabe ausführen will, immerhin mit erheblichen Schwierigkeiten verknüpft. Außerdem können natürlich die so gewonnenen Kalimengen nur klein sein. Wie gründlich alle organischen Abfallprodukte auf Kali untersucht wurden, beweist ein Vorschlag, die Schalen und Fruchtstände der Bananen zu sammeln und zu veraschen, da der Kaligehalt in der Asche derselben etwa 45 % beträgt.

Alle diese Verfahren haben den Nachteil gemeinsam, daß sie sich wärmewirtschaftlich sehr ungünstig stellen, da z. T. erst große Flüssigkeitsmengen verdampft, der Rückstand gegläht, mit heißem Wasser ausgezogen, und diese Lösung nach der Klärung, was immer auch ein Abkühlen bedeutet, wieder bis zur Kristallisation, bei der Kaliumcarbonatgewinnung sogar bis zur Trockene gebracht werden müssen. Ferner ist ein großer Teil der erzeugten recht unreinen Kalisalze in Carbonatform vorhanden, das sich wegen seiner Hygroskopizität und seiner alkalischen Reaktion als Düngemittel nicht eignet. Selbst wenn man also ohne Rücksicht auf die Kosten die organischen Rohstoffe, die Kali zu liefern imstande wären, ausschöpfte, konnte man von vornherein sagen, daß die Resultate qualitativ und quantitativ, gemessen am Bedarf, ganz unbefriedigend sein mußten. Ein Blick auf die Tabelle 2, in der die Gesamterzeugnisse sowohl an Rohsalzen als auch an Kali in den Jahren 1915 bis 1921 zusammengestellt wurden, beweist dies auch, namentlich wenn man Tabelle 1 noch mit zur Beurteilung heranzieht. Deshalb versuchte man in der anorganischen Natur zu bekommen, was in der organischen nur ungenügend und teuer zur Verfügung stand.

Das Ideal wären natürlich bergmännisch abzubauen-Flöze und Schichten von Kalisalzen analog den deutschen Vorkommen. Nach solchen ist auch, überall wo die geologischen Anzeichen auch nur einigermaßen für das Vorhandensein von Salzlagern sprachen, viel gesucht worden. Namentlich in gewissen Teilen der Südstaaten, in Texas, sind im Anschluß an Ölbohrungen Steinsalz-lager entdeckt worden. Nun ist es ja geologisch richtig, daß überall da, wo mächtige Salzablagerungen auf primärer Lagerstätte anstehen, wohl auch einmal Kalisalze vorhanden gewesen sein dürften. Ob sie aber überhaupt zur Ablagerung gelangten, ist die erste, ob sie, sofern dies der Fall war, nicht längst wieder abtransportiert sind, die zweite Frage. Bei diesen Bohrungen, die, da sie auf Erdöl angesetzt waren

Tabelle 2. Kalierzeugung der Vereinigten Staaten von 1915—1921 in short tons à 20 cwts (907 kg).

Ausgangsmaterial	1915—1916		1917		1918		1919		1920		1921*)		Insgesamt 1915—1920	
	Salz	Reinkali (K <sub>2</sub> O)	Salz	Reinkali (K <sub>2</sub> O)	Salz	Reinkali (K <sub>2</sub> O)	Salz	Reinkali (K <sub>2</sub> O)	Salz	Reinkali (K <sub>2</sub> O)	Salz	Reinkali (K <sub>2</sub> O)	Salz	Reinkali (K <sub>2</sub> O)
Mineralische Rohstoffe:														
Nebraska Seen . . .	13910	4068	61053	14558	116662	28854	36176	9072	85245	20934	—	—	313046	77486
Andere Salzseen . . .	2981	790	18823	6094	32390	10862	37395	12518	45438	16581	—	—	137027	46845
Zusammen:	16891	4858	79876	20652	149052	39716	73571	21590	130683	37515	—	—	450078	124331
Alunit . . . . .	3036	1518	7153	2402	6180	2621	6599	2294	4151	2076	—	—	27119	10911
Zementstaub . . . .	5435	504	13582	1621	12652	1549	11665	1258	10168	1147	—	—	53502	6079
Hochofenstaub . . .	185	11	2133	185	2954	205	1101	94	2203	173	—	—	8576	668
Silikate . . . . .	46	25	—	—	201	105	1307	127	160	51	—	—	1714	308
Organische Rohstoffe:														
Seetange . . . . .	5416	1574	11306	3572	14029	4804	368	132	410	205	—	—	31529	10287
Schlempevergasung .	7775	1799	8589	2846	11792	3467	8791	2892	9420	3253	—	—	46367	14257
Entzuckerungsrückstände	380	46	2642	369	8795	1374	12423	3601	9201	3394	—	—	33441	8784
Holzaschen . . . . .	825	412	1035	621	1100	673	807	484	438	263	—	—	4205	2453
Verschiedene andere Abfallstoffe . . . . .	124	63	645	305	931	289	2	2	—	—	—	—	1702	659
Gesamterzeugung:	40113	10810	126961	32573	207686	54803	116634	32474	166834	48077	18200	7618	658228	178737

Gesamterzeugung 1915—1921: 676 428 t Salz mit 186 355 t Reinkali (K<sub>2</sub>O).

\*) Einzelheiten noch nicht veröffentlicht.

und deshalb nicht als Kernbohrungen mit Chlormagnesiumlauge niedergebracht wurden, fand man ab und zu in der Spülung geringe Kalimengen. Allein selbst die Geologische Landesanstalt glaubte noch in allerletzter Zeit vor einem übertriebenen Optimismus warnen zu müssen; denn derartige kleinste nestartige Vorkommen beweisen keineswegs die Existenz ausgedehnter abbauwürdiger Lager, die bergmännisch zu erschließen sind. Ferner spielen ja auch die Verhältnisse des Deckgebirges und andere Faktoren herein, die ganz genau geprüft werden müssen; aber zunächst ist die erste Bedingung, das Kalilager selbst, noch nicht gefunden, und es steht sehr dahin, ob es überhaupt vorhanden ist.

Ein schwacher Ersatz für die fehlenden bergmännisch abzubauenen Kalilager zeigte sich in dem Wüstengebiet des Westens in Form der dort vorkommenden Salzablagerungen und Salzseen. Diese genetisch zusammengehörenden Bildungen erwiesen sich tatsächlich als die einzigen, wirklich einigermaßen ergiebigen Kaliquellen, die zusammen  $\frac{1}{4}$  der Gesamterzeugung Amerikas an Kali lieferten.

Zwischen dem Felsengebirge und der Küste des Stillen Ozeans befindet sich eine Zone mit ganz besonderen klimatischen Verhältnissen, ein Hochplateau, das sogenannte „Great Basin“. Es umfaßt beinahe ganz Nevada, die Hälfte der Staaten Utah und Californien und kleine Teile von Idaho und Oregon. Der Küste selbst nähert es sich im Staate Californien nur auf 100—300 km; im Staate Oregon ist es noch weiter entfernt. Die Gesamtgröße beläuft sich auf etwa 550 000 qkm, mit anderen Worten, es hat den Umfang des früheren Deutschen Reiches. In der Jetztzeit besitzt das ganze Gebiet einen ganz ausgesprochenen stark ariden Charakter. Hydrographisch betrachtet ist es das Sammelbecken einer Anzahl Flußsysteme, die sich z. T. in abflußlose Seen ergießen, z. T. durch die Hitze und Trockenheit der Luft unter Sumpfbildung allmählich verschwinden. Sichere Anzeichen sprechen jedoch dafür, daß dieses Gebiet früher auch einmal eine Glazialzeit und feuchtere Perioden durchgemacht hat. Zurzeit jedenfalls geht in dieser Region das gesamte Wasser, das als Quellwasser zutage tritt oder als Regen fällt, durch Verdunstung verloren und fließt nicht zum Meere ab. Der bekannteste Vertreter dieser Seen dürfte der große Salzsee sein. Aus untrüglichen Anzeichen, wie Salzauswitterungen, Auswaschungen, Tuffsteinbildungen usw., läßt sich leicht nachweisen, daß einige dieser Seen früher recht tief gewesen sein müssen. Die Flüsse haben im Laufe der Jahrtausende die aus dem anstehenden Gestein entstehenden löslichen Verwitterungsprodukte in die Seen abtransportiert, wo sich dieselben allmählich anhäufte. Ein großer Teil der verwitterten Gesteine, namentlich der Eruptivgesteine, enthält neben Natrium auch gewisse Mengen Kalium, so daß das Flußwasser neben vorwiegend Natron- auch Kalisalze führte. Der Unterschied zwischen der Bildung dieser amerikanischen Salzvorkommen und der deutschen liegt nun darin, daß die deutschen Kalisalze durch Abschneidung und Verdunstung eines Teiles des Ozeans entstanden sind, dessen Wasser gewissermaßen den Durchschnitt der löslichen Verwitterungsprodukte der gesamten Erdoberfläche darstellt, während die amerikanischen dagegen die löslichen Verwitterungsprodukte eines kleinen, eng begrenzten Gebietes, der Region des betr. Flußgebietes des Sees, enthalten. Außerdem ist die Verdunstung selbst auch in anderer Weise vor sich gegangen, da es sich in Deutschland um ein großes Binnenmeer handelt,

in Amerika um eine Anzahl kleinerer und kleinerer Seen, die abwechselungsweise je nach der Jahreszeit salzhaltigere und salzärmere Zuflüsse erhielten. Die Kristallisationsvorgänge namentlich der Alkalidoppelsalze sind Erscheinungen, die, sofern sie ungestört verlaufen sollen, sehr große Anforderungen in bezug auf langdauernde Gleichförmigkeit der Temperatur, Konzentration der Lösung und andere physikalische Bedingungen stellen. Bei einem Binnenmeer von der Ausdehnung des Zechsteinmeeres war diese Konstanz der inneren und äußeren Umstände, die ein ruhiges Auskristallisieren regelrechter starker Lagen und Bänke gestattete, vorhanden, jedoch keinesfalls bei den verhältnismäßig kleinen amerikanischen Seen, bei denen sich die durch die Jahreszeiten hervorgerufenen unvermeidlichen Schwankungen in Temperatur und Konzentration der Zuflüsse sehr stark bemerkbar machen mußten. Es ist also nur zu erwarten, daß die Zusammensetzung der Verdunstungsprodukte chemisch wie mineralogisch von den deutschen ebenso verschieden ist wie auch der ganze Aufbau derselben vom geologischen und bergmännischen Standpunkt aus.

Folgende vier Arten des Vorkommens von gelösten und festen Salzen im Bereiche des Great Basin kann man unterscheiden:

1. Seen, welche noch einen Zufluß haben, deren Wasser nicht mehr süß, aber auch noch nicht sehr weitgehend konzentriert ist, z. B. der große Salzsee in Utah.
2. Seen, welche noch einen Zufluß haben, deren Wasser aber schon sehr weitgehend konzentriert ist; Typus des Owens- und Mono-See.
3. Seen, welche keinen direkten Zufluß mehr haben und sich im letzten Stadium der Austrocknung befinden. Der, im Quartär gebildete, tiefe See ist ausgetrocknet und eine feste Salzablagerung von größerer Dicke, die noch mit viel Mutterlauge durchzogen ist, hat sich gebildet; Beispiel: der Searles See.
4. Der Fluß verdunstet oder versumpft allmählich unter Bildung größerer Mengen Schlamm und einzelner kleiner Seen, die ihrerseits dann wieder austrocknen und kleine Salzablagerungen und Ausblühungen ergeben: Der Death Valley-Typus, mit Wüsten-, Sumpf-, Playa- und Marschbildungen.

Eine strenge Scheidung dieser Arten, deren Auftreten von den Witterungs-, Boden- und Untergrundverhältnissen abhängig ist, ist meistens nicht möglich. Auch sind Übergänge von der einen in die andere Form oft zu beobachten.

Über die Zusammensetzung der Wasser der Seen, deren Gehalt an Trockensubstanz natürlich mit der Jahreszeit und den gerade gefallenen Regenmengen sehr wechselt, gibt die nachstehende Tabelle einen gewissen Anhalt:

Tabelle 3. Zusammensetzung des Wassers einiger Flüsse und Seen im „Great Basin“.

	Cl	SO <sub>4</sub>	CO <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na	K	Ca	Mg	SiO <sub>2</sub>	Gesamtrückstand*)
	‰	‰	‰	‰	‰	‰	‰	‰	‰	
Bear-River . .	12,36	8,16	21,53	—	20,54	10,12	4,7	—	—	63,7
Mono-See . .	23,34	12,86	23,42	0,32	37,93	1,85	0,04	0,14	0,14	5117,0
Owens-See . .	25,67	9,95	23,51	0,48	37,8	2,18	0,02	0,01	0,29	7270,0
Großer Salzsee	25,39	7,62	26,06	Spuren	37,42	1,74	1,47	0,03	—	1590,0
	24,82	9,93	24,55	0,14	38,12	1,62	0,02	0,01	0,14	21370,0

\*) In 100 000 Teilen Wasser.



Bezüglich eines dieser Seen, des Owens-Sees, wird z. B. angegeben, daß dessen Salzgehalt im allgemeinen zwischen 6 und 11 % schwankt und bei der Trockenperiode auf 21–37 % ansteigt.

Der Gesamtgehalt einiger dieser Seen an Salz und speziell an Kali dürfte doch recht bedeutend sein. Schätzungen, die natürlich nur ganz ungenaue Resultate ergeben können, führen etwa zu folgenden Zahlen:

Gesamtsalzgehalt einiger Seen (in Tonnen à 20 cwt.)

	NaCl	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KCl	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>
Großer Salz-See . . .	400 000 000	30 000 000	—	—	—
Owens-See . . .	20 000 000	22 000 000	2 140 000	22 000 000	—
Mono-See . . .	86 099 000	47 586 400	10 538 000	92 101 000	945 100

Praktisch in größerem Umfange in Angriff genommen ist bis jetzt nur die Verarbeitung der Seewässer und die der Mutterlauge der Seen, die sich im letzten Stadium der Austrocknung befinden. So hat eine Anzahl Firmen sowohl aus dem Großen Salzsee als auch einer Anzahl anderer Seen, deren Wasser bereits stark konzentriert ist, durch Gradieren oder Anlegen von Salzgärten erst eine möglichst kalihaltige Sole oder Mutterlauge zu erhalten versucht und dieselbe dann z. T. im Vakuum, z. T. in offenen Pfannen eingedampft und kristallisiert. In einigen Fällen wird auch noch eine Kristallisation von Trona Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>·NaHCO<sub>3</sub>·2 H<sub>2</sub>O vorweggenommen, wonach die Mutterlauge noch etwa 550 g lösliche Bestandteile im Liter enthält und in einem Falle (Owens-See) z. B. folgende Zusammensetzung aufwies:

Analyse der Mutterlauge von der Sodaverarbeitung

Bestandteile des Owens-Seewassers.	Prozentgehalt
Chlornatrium . . . . .	45,00–49,00
Chlorkalium . . . . .	2,50– 6,50
Natriumtetraborat . . . . .	2,00– 4,00
Natriumcarbonat . . . . .	27,00–31,00
Natriumsulfat . . . . .	15,00–18,00
Kieselsäure, Eisen- und Aluminiumoxyd . . . . .	0,20– 0,30
Calciumcarbonat . . . . .	0,10–0,20
Magnesiumcarbonat . . . . .	0,02–0,10

Aus dieser ersten Mutterlauge wurden noch weitere drei Fraktionen gewonnen, und die Mutterlauge der letzten, die schließlich 35–50 % Kalisalz enthielt, eingedampft und als amerikanisches Kali verkauft.

Im Jahre 1917 hatten die aus den Salzseen stammenden Produkte ungefähr folgende Zusammensetzung:

60–65 % Chlorkalium
25–30 % Borsäures Natron
3 % Schwefelsäures Natron
2 % Kohlensäures Natron
5 % Chlornatrium.

Auffallend ist der große Boraxgehalt. Später lernte man allerdings denselben beträchtlich herabzudrücken, und in letzter Zeit sind, wenigstens in bezug auf den Boraxgehalt, bedeutend reinere Salze in den Handel gebracht worden.

Bei einigen dieser Seen ist die Austrocknung schon so weit vorgeschritten, daß dieselben eine vollständig feste Salzablagung gebildet haben, über die regelrechte Verkehrsstraßen, die mit Autos befahren werden, führen. Einige Fuß unterhalb der festen Oberfläche steht als Grundwasser eine Lauge an, die neben Chlornatrium die Carbonat- und Boraxverbindungen des Natriums, von Kalium hauptsächlich Chlorid, enthält. Diese Lauge ist in der porösen Ablagerung einigermaßen beweglich, so daß sie sich abpumpen läßt. Sie diente ebenfalls als Ausgangsmaterial zur Kaliherstellung, und ein beträchtlicher Teil der in Amerika in den Handel kommenden Kalisalze heimischer Produktion ist aus derartigem Rohmaterial hergestellt worden.

Sind für die im Bereich des Great Basin liegenden Salzseen als Lieferanten der Salze die Verwitterungspro-

Tabelle 4. Analysen des Jesse-Seewassers (in Prozenten).

	Wasser von der Oberfläche des Sees	Wasser aus der Sandschicht	Wasser aus der Mitte des Sees (2 Proben)	
Gesamtsalzgehalt	4,39	16,42	12,39	14,17
K <sub>2</sub> O	28,36	28,18	27,16	28,27
Na <sub>2</sub> O	27,49	27,79	28,69	27,22
CO <sub>2</sub>	20,06	21,16	21,33	19,46
HCO <sub>2</sub>	7,56	7,27	7,36	9,47
SO <sub>2</sub>	12,03	11,67	12,25	13,09
Cl	3,97	3,38	3,22	3,21
SiO <sub>2</sub>	0,52	0,56	—	—
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	27,07	26,52	26,84	28,45
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	20,83	21,48	18,19	18,97
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	32,37	36,25	37,14	32,27
NaHCO <sub>3</sub>	11,99	9,24	11,71	15,02
NaCl	6,55	5,81	5,32	5,29
SiO <sub>2</sub>	0,52	0,56	—	—

dukte von Gesteinen anzusprechen, so verdankt eine Anzahl Seen in der Sandhügelregion von Nebraska und Wyoming ihren Kaligehalt, der hauptsächlich als Carbonat und Sulfat, und nur in geringer Menge als Chlorid auftritt, den Auslaugungen der Ascherückstände großer Prärie- und Waldbrände. Die Verarbeitung dieser Seewässer, über deren Zusammensetzung die vorstehende Tabelle 4 ein ungefähres Bild gibt, geschieht in derselben Weise durch Abpumpen, Gradieren, Eindampfen und Kristallisieren, wobei eine stark kaliumcarbonathaltige Mutterlauge zurückbleibt. Die Zusammensetzung der gewonnenen Kalisalze ist natürlich, da die Ausgangsprodukte in ihrer Zusammensetzung wesentlich verschieden sind, eine ganz andere, wovon die folgenden drei Analysen ein Bild geben:

Analysen der Kalisalze der „Potash Products Co. of Omaha“.

	%	%	%
In Säure Unlösliches . . . . .	0,11	0,27	0,30
Eisen u. Aluminium (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) . . . . .	0,14	0,24	0,22
Kalk (CaO) . . . . .	—	—	—
Magnesia (MgO) . . . . .	0,05	0,03	0,05
Kali (K <sub>2</sub> O) . . . . .	33,51	33,52	28,67
Natron (Na <sub>2</sub> O) . . . . .	20,58	18,64	25,55
Schwefelsäure (SO <sub>3</sub> ) . . . . .	28,91	33,29	21,79
Chlor (Cl) . . . . .	1,50	0,74	1,83
Kohlensäure (CO <sub>2</sub> ) . . . . .	14,52	11,96	20,49
Phosphorsäure (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) . . . . .	—	—	—

Betrachtet man die angeführten Analysen dieser Kalisalze, die drei Viertel der amerikanischen Erzeugung überhaupt ausmachen, so fällt beim Vergleich mit den deutschen vor allem ihr niedriger Kaligehalt und die große Verschiedenheit der Säureradikale auf. Sulfate, Chloride, Carbonate, Bicarbonate, Silikate, Borate in buntem Gemisch! Die Abscheidung reiner Salze ist so kompliziert und verläuft theoretisch wie praktisch derartig unbefriedigend, daß bis zur endgültigen Lösung dieser Frage wohl noch einige Zeit vergehen wird.

Bereits beim Konzentrieren fanden auch ab und zu Explosionen, die auf Zersetzung der Bicarbonate im Verdampfer zurückzuführen sind, statt, so daß nicht einmal diese erste Stufe des Prozesses als glatt und leicht führbar angesprochen werden kann. Die alkalische Beschaffenheit der Lösung, die z. T. auch noch organische, starkes Schäumen hervorrufende Bestandteile enthält, erschwert an sich schon die Herstellung einigermaßen reiner Kristallfraktionen. Die Bildungsmöglichkeiten von gut kristallisierenden, wohl definierten Doppelsalzen sind, wie die staatlichen Physikochemiker festgestellt haben, sehr gering und unbefriedigend, die hohe Temperatur, die am Erzeugungsorte herrscht, dem Auskristallisieren überhaupt nicht günstig, und schließlich fehlt dasjenige Element, das in den deutschen Kalisalzlagern die leicht und gut kristallisierenden Doppelsalze ergeben hat und auch fabrikatorisch aus diesem Grunde sowie wegen gewisser Eigenschaften seiner Lösungen so unentbehrlich ist: das Magnesium.

In Erkenntnis dieser Nachteile brachten die Amerikaner die Kalisalze so, wie sie anfielen in den Handel und überließen es dem Verbraucher, selbst zu sehen, wie er damit zurecht kam. Dies hat sich namentlich bei den aus dem Great Basin stammenden Salzen, die Borate enthielten, schwer gerächt. Die amerikanische Landwirtschaft, die trotz der hohen Preise aus Mangel an etwas Besserem diese Salze zur Düngung verwandte, hatte gewaltige Ernteschädigungen, zum Teil sogar Ernteaussfälle durch Vergiftung und Vernichtung der Kulturpflanzen durch den Borax. Das Landwirtschaftsministerium hat sich deshalb gezwungen gesehen, die Grenze für den Boraxgehalt der als Düngemittel zu verwendenden Salze auf 0,1 % Bor, berechnet auf wasserfreien Borax, festzusetzen. Auch der Alkalicarbonatgehalt ist nicht unbedeutend und kann für gewisse Böden zu Unzuträglichkeiten führen, wie derselbe auch die Kalisalze zum Herstellen von Mischdüngern, welche bekanntlich in der amerikanischen Landwirtschaft bevorzugt angewandt werden, ungeeignet machen. Den erst gerügten Nachteil des Boraxgehaltes weisen zwar die Salze der Nebraskaseen nicht auf, wohl aber den hohen Alkalicarbonatgehalt. Es sind in diesen die Vorräte an Rohprodukten gerade in Nebraska sehr gering, und einer der größten Seen, der Jesse-See, enthält selbst nach amerikanischer Schätzung maximal nur 100 000 Tonnen Salzgemisch (nicht Kalisalze!), so daß der Zeitpunkt, an welchem der Salzgehalt desselben die Ausbeutung nicht mehr lohnen wird, sehr bald erreicht ist, um so mehr als die Erscheinungen, die früher die Zuflüsse salzföhrnd gemacht haben, durch die Verschiebung des Klimas nunmehr vollständig weggefallen sind.

Was die Natur im Laufe der Jahrtausende fertiggebracht hatte, nämlich ein Löslichmachen des in dem Gestein in unlöslicher Form vorhandenen Kalis, versuchte der Mensch im Laufe einiger Stunden zu erreichen. Verschiedene Mineralien und Gesteine, deren Kaligehalt z. T. nicht ganz unbeträchtlich ist, wurden von seiten der Regierungschemiker und -Techniker z. T. in großen Versuchfabriken verarbeitet. Zuerst richtete man sein Augenmerk auf die Silikate, namentlich die Kali-Feldspate und den Leuzit, die beide in großen Mengen vorkommen. Später bezog man auch die Grünsande, glaukonitführenden Sande und Mergel, mit in die Unter-

suchungen ein. Obgleich der Kaligehalt der beiden ersten 10–12 %, der der letzteren immerhin noch 1,5–7 %, im Durchschnitt 4,5 % beträgt, gibt selbst das geologische Landesamt der Vereinigten Staaten in einer Broschüre zu, daß die Verarbeitung dieser Gesteine unter einigermaßen normalen Bedingungen praktisch nicht in Frage kommen könnte.

Etwas besser ist die Verarbeitung von Alunit in Gang gekommen. Alunit ist ein basisches Kalium-Aluminium-Sulfat von der Formel  $K_2SO_4 \cdot 3Al_2SO_4 \cdot 6H_2O$  mit theoretisch etwa 11½ %  $K_2O$ . Es steht namentlich als Spaltausfällung in Gängen im Staate Utah bei Marysvale, aber auch an anderen Stellen und in anderen Staaten an. Das angegebene Vorkommen von Marysvale ist ziemlich rein und führt bis 10½ %  $K_2O$ . Die Verarbeitung ist eine verhältnismäßig einfache. Durch Erhitzen des gemahlten Gesteins wird ein Teil der Schwefelsäure ausgetrieben, das Röstprodukt in heißem Wasser ausgelaugt, die Lösung durch Filterpressen geklärt und die so erhaltene, beinahe reine Lösung von schwefelsaurem Kali im Vakuum verdampft. Der Prozeß liefert tatsächlich ein Sulfat von 90–95 % Reinheit, hat aber vorläufig doch noch verschiedene Haken. Daß er sich wärmewirtschaftlich sehr ungünstig stellt, braucht nicht betont zu werden; es fallen aber auch große Mengen Tonerde an, für die man eine Verwendung bisher nicht gefunden hat, da der Aluminiumtrust eine Weiterverarbeitung auf metallisches Aluminium nicht gestattet, diese an Ort und Stelle auch unmöglich ist, und das Material wegen seines geringen Wertes keine hohen Transportkosten trägt. Ebenso muß die entweichende Schwefelsäure irgendwie untergebracht werden, da sie nicht dauernd in die Luft geblasen werden kann.

Damit wären die sämtlichen Verfahren, die direkt eine Gewinnung von Kalisalzen zum Ziel haben, besprochen, und zum Schluß seien noch zwei erwähnt, bei denen die Kaliverbindungen als Nebenprodukte auftreten. Untersuchungen haben nämlich ergeben, daß sowohl im Flugstaub als auch in den Feuergasen der Zementfabrikation sowie der Hochöfen Kaliverbindungen z. T. in wasserlöslicher Form enthalten sind. Die Menge derselben schwankt natürlich je nach dem Kaligehalt des Ausgangsmaterials bei Zement, der Zuschläge und Flußmittel beim Hochofen recht bedeutend, aber fraglos hat man in bezug auf die Auswahl sowohl der Rohprodukte als der Zuschläge einen gewissen Spielraum, und man kann dabei stark kalihaltige bevorzugen, um einen großen Kaligehalt im Nebenprodukt zu erzielen, solange dadurch die Führung des Hauptprozesses und die Qualität und Menge des bei demselben erhaltenen Produktes keine Einbuße erleidet.

Lohnt es sich nun, Flugstaub zu sammeln, Heizgase zu reinigen? Diese Frage kann nicht generell entschieden werden. Wo Fabriken in einsamen Gegenden liegen und die durch Flugasche und Heizgase hervorgerufenen Beschädigungen leicht abgefunden werden können, sicher nicht. Anders liegen die Verhältnisse, wenn auf Grund polizeilicher Vorschriften doch an eine Beseitigung von Flugasche und schädlichen Rauchgasen herangegangen werden muß; dann müssen Abscheider sowieso eingebaut werden, und in diesem Falle kann Herstellung und Verkauf von daraus extrahierten Kalisalzen, wenn sich dadurch auch kein Gewinn erzielen läßt, vielleicht eine kleine Verbilligung der Betriebskosten ergeben. Verschiedene Zementfabriken, namentlich im Westen, sind wegen ihrer Lage gezwungen worden, Entstaubungsanlagen einzurichten. Diese arbeiten meistens nach dem Prinzip der Niederschlagung des Staubes im stark elektrischen Feld (Cottrell-Separation), und dieser Flugstaub oder die daraus hergestellten Kalisalze werden sich wohl auf dem amerikanischen Markte behaupten, sofern ihr Preis nicht höher ist als der der deutschen Kalisalze von entsprechender Reinheit. Allzu große Mengen wird man indessen aus dieser Quelle auch nicht ziehen können.

Betrachtet man die Bemühungen der Amerikaner, aus dem im Lande vorhandenen Rohmaterial eine Kaliindustrie aufzurichten, die den Bedürfnissen des großen Landes genügt, so kommt man zu dem Schluß, daß dieselben zwar mit allem Eifer durchgeführt sind, eine Bedarfsdeckung jedoch weder in bezug auf Menge noch auf Güte der Salze zu erreichen ist. Trotzdem haben es gewisse Interessentenkreise fertig gebracht, für eine Treibhauspflanze, wie sie die amerikanische Kaliindustrie darstellt, einen Zollschutz zu fordern in der Art, daß der Einfuhrzoll

- 50.— Dollars während der ersten zwei Jahre,
- 40.— „ während des dritten Jahres,
- 30.— „ während des vierten Jahres und
- 20.— „ während des fünften Jahres

auf je 1 Tonne Reinkali betragen soll. Ein derartiger Zollschutz wäre vielleicht verständlich, wenn man in den fünf Schutzjahren hoffen könnte, eine Kalierzeugung zu bekommen, die den Bedarf des Landes zu decken imstande wäre. Dies kann aber, sofern inzwischen nicht große bergmännisch abbaubare Lager aufgefunden werden, an dem augenblicklichen Stande der Industrie und ihrer Entwicklungsfähigkeit gemessen, weder in bezug auf Quantität noch Qualität erreicht werden. Dagegen kann es dem amerikanischen Farmer und Industriellen namentlich in einer Zeit wie der jetzigen, in der seine Produkte wegen der hohen Erzeugungskosten am Weltmarkt nicht mehr konkurrenzfähig sind, nicht gleichgültig sein, wenn er für ein unentbehrliches Düngemittel, wie es das Kali ist,

lediglich aus Gründen des Zollschatzes für eine doch nicht sehr leistungsfähige Industrie, hohe Preise zahlen muß.

Es machen sich deshalb auch sowohl in den Kreisen der Landwirtschaft als auch der amerikanischen Mischdüngelfabrikanten starke Widerstände gegen die vorgeschlagenen Zollsätze geltend, und die American Farm Bureau Federation berechnet, daß die amerikanische Landwirtschaft durch diesen Zoll im Laufe der fünf Jahre mit einer Extrasteuer von 51 300 000 Dollar belegt werden würde.

Beurteilt man ganz ruhig und sachlich die Lage der amerikanischen Kalierzeugung, so kann man nur sagen, daß eine Industrie erst andere Beweise für ihre Leistungs- und andere Aussichten für Wettbewerbsfähigkeit zu erbringen hat, ehe sie das Recht hat, einen derartigen Zollschutz zu fordern, wie es die amerikanischen Kaliinteressenten jetzt getan haben! [A. 188.]

## Einiges aus der Kali-Wirtschaftsgeschichte.

Von A. FELBER, Berlin-Dahlem.

Direktor am Deutschen Kalisyndikat.

Eisen ist jedermann bekannt. Was Kalium ist, wissen heute noch viele Gebildete, wenigstens in den Städten nicht, schon eher haben sie etwas vom Magnesium gehört, wenn sie sich gelegentlich eines Festes mit Magnesiumlicht photographieren ließen. Und doch sind diese beiden letzten Metalle in ihren Verbindungen für das Leben weit wichtiger als das Eisen. R. France verurteilt in seinem neuen Werke „Bios“ die Überschätzung des Eisens seitens der Kulturwelt und stellt es als ein Zeichen der Degeneration der heutigen Menschheit hin, welche das eiserne Zeitalter als besondere Kulturhöhe verherrliche.

Die Vertreter der Schwerindustrie und des Großhandels werden voraussichtlich die Anschauungen des talentvollen Gelehrten, dessen großangelegtes „Leben der Pflanzen“ seinen Namen populär gemacht hat und der uns in seinem Bios eine geistreiche Neuauflage von Humboldts Kosmos beschert, mit überlegenem Lächeln beiseite zu schieben versuchen. France hat aber wohl verdient, daß man seinen Gedankengängen einmal nachgeht und prüft, welchen Einfluß die Metalle Kalium und Magnesium in ihren Verbindungen auf die Lebensbedingungen aller Lebewesen haben, um daraus die Ursache für die beispiellose Entwicklung der Kaliindustrie und ihre Bedeutung für die ganze Welt zu erkennen.

Von den 13 Elementen, die die Gesteinsdecke der Erde zusammensetzen, bestehen nach einer von A. Sieberg entworfenen Tabelle

5,08 Prozent aus Eisen (?)
2,50 „ „ Magnesium
2,28 „ „ Natrium
2,23 „ „ Kalium.

Triumphierend werden die Vertreter der Eisenindustrie ausrufen, daß nicht einmal zwei dieser drei Elemente zusammengenommen soviel Bedeutung wie das Eisen in der Zusammensetzung der Gesteinsdecke der Erdoberfläche haben; sie werden ferner mit Erfolg darauf hinweisen, daß Deutschland im Jahre 1912 allein eine Roheisengewinnung von 17,62 Millionen Tonnen zu verzeichnen hatte, während die Gesamtförderung an Kalisalzen nur etwa 11 Millionen Tonnen betrug, wobei nicht vergessen werden darf, daß die letztere Ziffer nahezu die Produktion der ganzen Welt bedeutet, während unter den eisenproduzierenden Ländern Deutschland wohl einen hohen Rang einnimmt, aber durchaus nicht die ausschlaggebende Rolle spielt. Die Zahl der in der Kaliindustrie beschäftigten Arbeiter mit denen der Eisenindustrie zu vergleichen, verlohnt sich in diesem Zusammenhange ebensowenig, wie die Zahl der Fabrikschornsteine und der Dampfmaschinen. Man muß schon von einem andern Standpunkt aus an die Frage herangehen und sie unmittelbar mit der Lebenstätigkeit in Verbindung bringen, wenn wir der Bedeutung der Kali- und Magnesiasalze gerecht werden wollen.

Natürlich ist auch das Eisen von Bedeutung für das Pflanzenleben, und im menschlichen Blut finden sich, wenn auch geringe, jedenfalls unentbehrliche Mengen, die ersetzt werden müssen, wenn der Körper bleichsüchtig, d. h. eisenarm geworden ist. Was aber bedeutet der Mensch auf unserer Erde? Er ist doch nur ein später Abkömmling auf unserem Billionen von Jahren alten Planeten, und es ist keine geringe Selbstüberhebung, wenn er sich als die Krone der Schöpfung hinstellt. Sein Leben ist durchaus abhängig von demjenigen der Tiere und Pflanzen, welche schon vor seinem Erscheinen auf der Erde gleichfalls in Jahrmillionen oder gar -billionen fortgesetzt im Kampfe der Entwicklung vorhanden waren; vor allem aber ist der Mensch, der sich nun einmal zurzeit die Herrschaft des Planeten annaht, in seiner ganzen Lebensführung abhängig von den Tieren und den Pflanzen und somit auch von den Elementen und Metallen, welche für das Dasein dieser ein Erfordernis bilden.

Kalium und Magnesium sind Pflanzennährstoffe, wie sie sich auch in einzelnen wichtigen Organen des Tierkörpers vorfinden und daher auch hier als unentbehrlich bezeichnet werden müssen. Von der Anwesenheit dieser Metalle im Ackerboden hängt daher das Gedeihen der Kulturpflanzen ab, hiervon ziehen die Tiere ihren Nutzen, und von beiderlei Produkten lebt der Mensch. In der Anhäufung der Bevölkerung in den sogenannten Kulturländern, insonderheit dort, wo intensiver Bergbau jeder Richtung und Handel sie zusammenzwängt, liegt der Grund, weshalb heute einer vermehrten und verbesserten Erzeugung