und zwar kommen dabei die schon angedeuteten, beim Glase näher zu erläuternden Unterschiede in Betracht.

Ferner wird Sulfat zur Herstellung von Ultramarin und als Zusatz zu Ätznatron bei der Verarbeitung von Holz auf Zellulose benutzt. Dabei tritt Reduktion ein, und wirkt hauptsächlich Schwefelnatrium zersetzend auf die inkrustierenden Bestandteile des Holzes.

Dieses Schwefelnatrium wird auch besonders aus Sulfat durch Reduktion mit Kohle hergestellt und findet viel Benutzung für die organischen Schwefelfarbstoffe.

Kleinere Verwendungen des Sulfats sind zahlreich; dabei auch solche, die Glaubersalz mit 10 Molekülen Wasser wegen seiner Reinheit vorziehen.

Es folgt nun Natriumkarbonat, gewöhnlich bezeichnet mit

Soda.

Die sogenannte Soda ist sowohl wegen ihrer Geschichte als wegen des Umfanges, in dem sie gebraucht wird, das wichtigste Erzeugnis der chemischen Großindustrie.

Man kann annehmen, daß jährlich in der Welt mindestens zwei Millionen Tonnen Soda, die einen Wert von 160 Millionen Mark haben, erzeugt werden. Dabei ist zu unterscheiden Soda aus Sulfat, Ammoniaksoda und natürliche Soda. Außerdem ist Soda aus Pflanzenaschen ihrer Natur nach zu kennzeichnen.

Eigenschaften des Natriumkarbonats. Kristallisierte Soda $Na_2CO_3 + 10\,H_2O$, ist farblos und durchsichtig; es sind große Kristalle des klinorhombischen Systems. Sie verwittern durch Wasserverlust, so daß sie undurchsichtig weiß werden und schließlich zerbröckeln.

Beim Erhitzen schmelzen die wasserhaltigen Kristalle schon bei 34°. Dies ist aber nur ein Schmelzen im Kristallwasser und ein neuer Beweis dafür, daß Kristallwasser je nach den Umständen als Lösungswasser zu rechnen ist, wie bei den eigentümlichen Löslichkeitsverhältnissen des Sulfats schon angenommen wurde.

Bei stärkerem Erhitzen entweicht dieses Wasser bis auf ein Zehntel, das letzte Molekül Wasser. Dann erstarrt die Masse, oder es kristallisiert das, ein Molekül Kristallwasser enthaltende, Natriumkarbonat. Dies ist erst durch stärkeres Erhitzen, bei heller Rotglut, noch einmal zu schmelzen, nachdem das letzte Molekül Wasser abgegeben ist.

Dieses Austreiben von Wasser bei hoher Temperatur heißt „Kalzinieren“. Kalzinierte Soda ist in der Hitze beständig.

Die Lösungen reagieren stark alkalisch.

Die Löslichkeit im Wasser hängt von der Temperatur ab, und zwar beobachtet man, wie bei Sulfat, ein Maximum, aus den erörterten Gründen.

100	Teile	Wasser	lösen bei	0°:	7,1	Teile Natriumkarbonat	(Na_2CO_3)
100	„	„	„ „	32,5°:	59,0	„ „	„
100	„	„	„ „	105°:	45,1	„ „	„

Infolgedessen kommen unter Umständen „übersättigte" Lösungen zustande und kristallisieren auch Salze mit anderem Wassergehalt, z. B. Natriumkarbonat mit 7 Molekülen Wasser.

Es kann also kristallisierte Soda verschieden aussehen; namentlich aber hat Soda verschiedenen Wert, je nach dem Gehalt an Wasser. In der gewöhnlichen Kristallsoda sind 63 % Wasser. Obwohl sie viel schöner aussieht, kosten 100 kg etwa 5 Mark, wenn 100 kg der unscheinbaren, kalzinierten Soda etwa 10 Mark wert sind. Die kristallisierte Soda ist eben nur zu gebrauchen, wenn die große Menge des Wassers nicht stört und wenn es auf Reinheit ankommt.

Vorkommen des Natriumkarbonats. Das Vorkommen ist insofern besonders lehrreich, als sich die Methoden der Darstellung sämtlich darauf beziehen lassen. Wir sehen also, was schon allgemein in der Einleitung angeführt wurde, daß man bei richtiger Erkenntnis der natürlichen Vorkommen daraus ableiten kann, welche Wege für die Darstellung eines Körpers einzuschlagen sind.

Das Vorkommen des Natriumkarbonats ist verschiedenartig. Viele Mineralquellen enthalten Soda, z. B. die von Karlsbad, von Burtscheid bei Aachen, von Vichy usw. Besonders aber häuft sich Soda in gewissen Landseen derartig an, daß sich eine regelmäßige Benutzung darauf gründet. Zum Beispiel ist dies bei Memphis in Unterägypten seit alter Zeit der Fall. Dort sind, etwa fünf Meilen vom Nil entfernt, mehrere Seen vom Umfange eines Teichs bis zu 5 Meilen Länge und $1^1/_2$ Meilen Breite.

Diese werden durch sodahaltige Quellen gespeist, deren Wasser $1—1^1/_2$° Bé zeigt, während das Wasser der Seen infolge der Verdunstung 28—30° Bé bekommt. Im Sommer trocknen die kleineren völlig, die größeren am Rande aus, so daß man die feste Masse sammeln kann. Diese wird von Alexandrien in Mengen von etwa 2500 Tonnen jährlich unter der Bezeichnung »Trona« verschickt. Auf die Umkehrung der beiden Silben führt man das Wort Natron zurück.

Also gibt es natürliche Soda. Tatsächlich ist es das erste Alkali, welches für technische Zwecke benutzt worden ist.

Auch in Rußland, in Indien und Kalifornien gibt es solche Seen. Man gewinnt daraus Rohsoda in ähnlicher Weise wie das Seesalz aus dem Meerwasser.

Anders ist die Gewinnung des sogenannten »Urao« aus einem Landsee bei der Stadt Merida in Venezuela. Dort kristallisiert ein Natriumkarbonat (etwa 80 %) neben Kristallwasser enthaltendes Salz im Sommer aus dem Seewasser am Boden, so daß es von Tauchern aus dem etwa 3 m tiefen See heraufgeholt wird.

In der großen ungarischen Ebene endlich wittert im Sommer ein Sodasalz aus dem Boden aus und wird durch Abkehren gewonnen.

Natürlich sind solche Vorkommen sehr verschieden im Gehalte und demnach im Werte. Sie sind aber verhältnismäßig leicht zu reinigen, weil die Nebenbestandteile hauptsächlich Sand und andere unlösliche Stoffe sind. Denn vor dem Reinigen von Rohsoda durch Auflösen und Eindampfen scheut man auch im Großbetriebe nicht zurück, wie dort zu zeigen ist.

Zunächst ist es wichtig, diese natürlichen Vorkommen zu erklären. Man findet darin die Anleitung für die künstliche Darstellung. Denn diese jährlich stattfindenden Neubildungen erklären sich dadurch, daß Chlornatrium umgesetzt wird, sei es durch Karbonate im Innern der Erde, sei es durch Kohlensäure und Ammoniak in Lösungen. Darauf beruhen die beiden Hauptverfahren der Darstellung.

Im übrigen ist, wenn nun die Darstellungsverfahren angeschlossen werden, ein älteres Verfahren an die Spitze zu stellen.

Die erste künstliche Darstellung von Soda, die seit dem Mittelalter bekannt ist, beruht auf dem Verbrennen bzw. Veraschen geeigneter Pflanzen, sie knüpft an die in der Natur stattfindende Verarbeitung von Chlornatrium durch Vermittlung der Pflanzen an, bei welchen die sogenannten Pflanzensäuren ihre Rolle spielen.

Im Meere oder am Meeresgestade wachsende Pflanzen nehmen vorzugsweise Chlornatrium auf und verarbeiten dieses zu Natriumoxalat, Natriumtartrat usw. Kurz, die Säfte von Fucusarten und von Kräutern, die am Meeresstrande wachsen, hinterlassen, wenn man sie verascht, Natron, zunächst an Pflanzensäuren gebunden, dann in Form von Soda; denn beispielsweise ist:

$$\underset{\text{Natriumoxalat}}{Na_2C_2O_4} = \underset{\text{Natriumkarbonat}}{Na_2CO_3} + \underset{\text{Kohlenoxyd.}}{CO}$$

Auf die Herstellung und Verarbeitung solcher Pflanzenaschen hat sich zuerst die Sodadarstellung begründet. »Barilla« heißen solche Aschen, die aus Spanien kommen; »Salicor« oder »Blanquette« an französischen Küsten gewonnene.

Auch jetzt hat die Sache noch insofern Bedeutung, als diese Pflanzenaschen mitunter noch einen wertvollen Bestandteil, Jod, enthalten, welches hauptsächlich aus dieser Quelle stammt. Sie werden dann durch Auslaugeprozesse, auf die bei »Rohsoda« näher einzugehen ist, auf lösliche Salze verarbeitet. An solche Pflanzenaschen knüpft also zunächst die Entwicklung der ganzen Sodaindustrie an.

Wie erwähnt, sind es besonders Spanien und Frankreich, welche diese Aschen liefern; diese beiden Länder versorgten bis zum Ende des 18. Jahrhunderts Europa mit Soda aus diesen Rohstoffen, da die natürliche Soda aus Ägypten usw. nur wenig herkam.

Ferner bestand zwischen spanischen und französischen Sodaaschen ein merklicher Unterschied zugunsten der ersteren, so daß auch Frankreich von Spanien kaufen mußte. Dieser Umstand veranlaßte namentlich die Franzosen, Verbesserungen zu suchen, um den Spaniern gleichzukommen. Sie formulierten die Aufgabe:

»aus dem Kochsalze eine der Barilla an Güte und Wohlfeilheit gleichkommende Soda zu liefern«.

Die Aufforderung, Soda zu machen, ist der Typus einer technischen Aufforderung. Es wird nicht etwa aufgefordert, reines Natriumkarbonat zu machen, sondern das brauchbare Produkt, Barilla, aber dieses ebenso gut und ebenso billig, wie es geliefert wurde, auf anderem Wege herzustellen.

Diese Aufforderung erging öffentlich. Die Akademie der Wissenschaften zu Paris setzte große Geldpreise dafür aus, und viele Vorschläge wurden gemacht, bis 1793 Nicolas Leblanc mit einem Verfahren hervortrat, welches als eine gute Lösung der Aufgabe erkannt wurde und bis heute eine große Rolle spielt, obwohl demselben ein mächtiger Nebenbuhler in dem Ammoniakverfahren erstanden ist.

Der »Leblancsche Prozeß« liefert in der Tat ein der »Barilla« sehr ähnliches Rohprodukt, welches weiter zu reinigen ist.

Demgemäß unterscheiden wir:

A. Herstellung der Rohsoda nach Leblanc;
B. Reinigung der Rohsoda und
C. Verarbeitung der entstehenden Rückstände und Nebenprodukte.

Die Sodabildung erfolgt beim Erhitzen von »Sulfat« (aus Kochsalz) mit Kreide und Kohle, und zwar nimmt man nach Leblancs Vorschrift: 100 Teile Sulfat, 100 Teile Kreide und 50 Teile Kohle.

Der beim Erhitzen eines solchen Gemenges eintretende Vorgang ist ziemlich verwickelt. Die einfache Umsetzung von Sulfat und Calciumkarbonat, welche gleich zu Soda führen würde, erfolgt nicht.

Das Sulfat wird aber durch Kohle zu Sulfid reduziert, und dann wirkt Calciumkarbonat ein. Also hat man folgende zwei Prozesse als die hauptsächlichsten anzusehen:

I. $Na_2SO_4 + 2C = Na_2S + 2CO_2$
Natriumsulfat, Kohlenstoff, Natriumsulfid, Kohlensäure;

II. $Na_2S + CaCO_3 = Na_2CO_3 + CaS$
Natriumsulfid, Calciumkarbonat, Natriumkarbonat, Calciumsulfid.

Nebenvorgänge sind:

III. $CaCO_3 + C = CaO + 2CO$
Calciumkarbonat, Kohlenstoff, Calciumoxyd, Kohlenoxyd;

IV. $Na_2CO_3 + CaO = Na_2O + CaCO_3$
Natriumkarbonat, Calciumoxyd, Natriumoxyd, Calciumkarbonat.

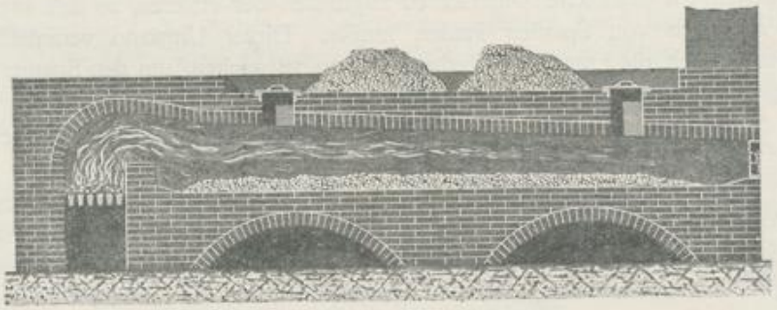

Fig. 33. Sodaofen.

Das Auftreten von Kohlenoxyd erscheint hier nebensächlich; im Betriebe ist es wesentlich, weil die blauen Flämmchen des Kohlenoxyds das Ende des Prozesses anzeigen.

Ebenso wird die Bildung von Natriumoxyd nicht vernachlässigt, sondern in näher anzugebender Weise vermehrt und benutzt.

Alles dies hat zu Benutzung von Apparaten und zu Einführung von Methoden geführt, welche auch für andere Betriebe wesentlich sind.

Dies ergibt sich aus folgendem.

Statt, wie zunächst richtig erscheint, alles fein zu mahlen und innig zu vermengen, hat es sich als besser erwiesen, grobe Stücke zu verwenden, damit die durch Verschmelzung entstehenden Blöcke porös ausfallen.

Die Öfen sind so eingerichtet, daß das Gemenge erst lange Zeit vorgewärmt wird, ehe es ins Feuer kommt. Das letztere muß so stark sein, daß die ganze Masse in breiigen Fluß gerät, und ist immer »oberschlächtig«, wie die Figur 33 zeigt.

Dies hat den Vorzug, jede Oxydation auszuschließen; aber auch den Nachteil, Verluste durch Verflüchtigung herbeizuführen.

Man verliert ein bis mehrere Prozente Natriumverbindungen dadurch. Sobald die Masse im Ofen erweicht, muß mittels Krücken bei einer auf 1000° zu schätzenden Temperatur stark gearbeitet werden. Wenn die blauen Flämmchen des Kohlenoxyds erscheinen, wird »gezogen«, d. h. in Wagen von Eisenblech, welche vorrollen, hineingekrückt und in diesen erkalten gelassen.

Die Handarbeit wird erspart durch Drehofen (revolving furnace oder revolver genannt), die als Hauptteil einen drehbaren, liegenden Zylinder von 3,3 m Länge und 2,5 m Durchmesser, innerlich mit feuerfesten Steinen ausgefüttert, haben. Dieser wird in Drehung versetzt, nachdem die vorgewärmte Masse eingetragen wurde.

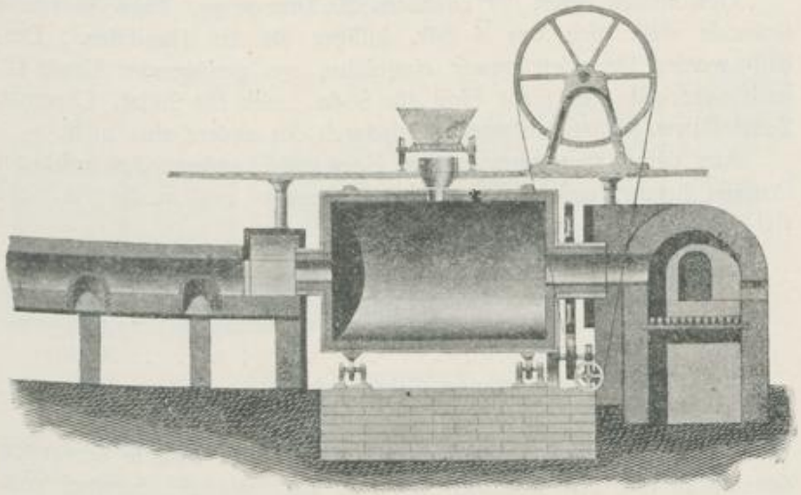

Fig. 34. Drehofen für Soda.

In den Zylinder schlagen die Feuergase eines Ofens hinein, erhitzen die Masse oberschlächtig und ziehen dann in ein Pfannengewölbe ab, wo sie noch zum Abdampfbetriebe dienen, ehe sie in den Schornstein abziehen. Figur 34 zeigt also den Drehofen als Mittelstück.

Nachdem die Masse im Zylinder etwa zehn Minuten durch Feuergase erhitzt worden ist, läßt man den Zylinder eine halbe Umdrehung machen, was durch die mit seitlich angebrachtem Getriebe in Verbindung stehenden Rollen bewirkt wird. Die Rollen greifen in kannellierte Rippen ein. Dann wird wieder fünf Minuten Ruhe gegeben und von neuem gedreht. So geht es weiter, bis die Masse in Fluß gerät, was nach etwa einer Stunde der Fall ist.

Nun wird ununterbrochen weitergedreht, so daß etwa in drei Minuten je eine Umdrehung stattfindet. Dabei kann man durch Schaulöcher beobachten, auch Proben nehmen und nach denselben Kennzeichen urteilen, wie bei anderen Öfen, ohne Handarbeit zu bedürfen. Wenn die Masse »fertig« ist, wird stillgestellt und durch Klappen, die zu beiden Seiten der Füllöffnung angebracht sind, entlassen.

Die Temperatur der Schmelze ist auf 932° bestimmt worden; sie geht bis zu 1000°. In solchem Drehofen kann man so viel machen wie in fünf Handöfen und spart natürlich nicht nur Handarbeit, sondern auch Brennstoff, da eine so hohe Temperatur um so schwieriger herzustellen ist, je kleiner die Einrichtung.

Gewöhnlich liefert der Drehofen 20 Tonnen pro Tag; die Tonne Rohsoda stellt sich um 4 Mk. billiger als im Handofen. Deshalb werden Drehofen immer eingeführt, wo genügender Absatz ist, und zwar gilt dies nicht bloß für Soda, auch für Sulfat, Chromat, Zement usw. Ausgeschlossen ist dadurch das andere aber nicht.

Aus dem Schmelzprozess der einen oder anderen Art geht ein Produkt hervor, welches aussieht wie »Barilla« und in der Tat nicht viel besser ist; es enthält ungefähr:

I. lösliche Verbindungen, Natriumkarbonat, Natriumhydroxyd, auch Natriumsulfat . . . . . 45 %;

II. unlösliche oder schwerlösliche Verbindungen:

a) Calciumsulfid . . . . . 30 %,

b) Calciumkarbonat und Calciumoxyd . . . . . 15 %,

c) andere Nebenstoffe . . . . . 10 %.

Das so erzielte Produkt ist Rohsoda, welche man in der ersten Zeit warm von den Sodaöfen abgeholt hat, wie die Semmel vom Bäcker, welche aber nun schon lange den Anforderungen nicht mehr genügt.

Hochprozentige, brauchbare Soda ist also auch aus dieser »Rohsoda« erst durch einen besonderen Prozeß zu gewinnen.

Der hierfür ausgearbeitete, in beliebig großem Maßstabe zu betreibende Auslaugeprozeß ist für viele ähnliche Betriebe, für Kaliumkarbonat usw., das Muster und als solches seinem Wesen nach klarzustellen.

Man muß alle diese Arbeiten in rationeller Weise, ohne Verschwendung, zustande bringen, wenn ein Verfahren, das nicht das einzig mögliche ist, sondern mit anderen zu konkurrieren hat, bestehen soll, und verfährt z. B. in diesem Falle wie folgt:

Die großen Blöcke der erstarrten Masse läßt man zunächst 1—2 Tage liegen, damit sie Wasser anziehen und dadurch etwas zer-

fallen. Längeres Liegen hat aber ungünstige Wirkung, weil aus dem Calciumsulfid wieder Sulfat entsteht und Umsetzungen eintreten.

Nach ein- bis zweitägigem Liegen kann man die Blöcke leicht zerschlagen und dann Auslaugeverfahren anwenden. Diese unterscheiden sich wieder grundsätzlich von der Art des Arbeitens mit kleinen Mengen. Denn die letztere Art besteht darin, daß man gut zerkleinert, mit dem Lösungsmittel behandelt, die Lösung abgießt oder abfiltriert und die Anwendung des Lösungsmittels, also hier des Wassers, wiederholt, bis alles Lösliche davon aufgenommen ist.

Dabei bekommt man Lösungen verschiedener Stärke und schließlich dünne Lösungen; man gebraucht folglich mehr Wasser, als nötig ist, und muß dieses wieder verdampfen.

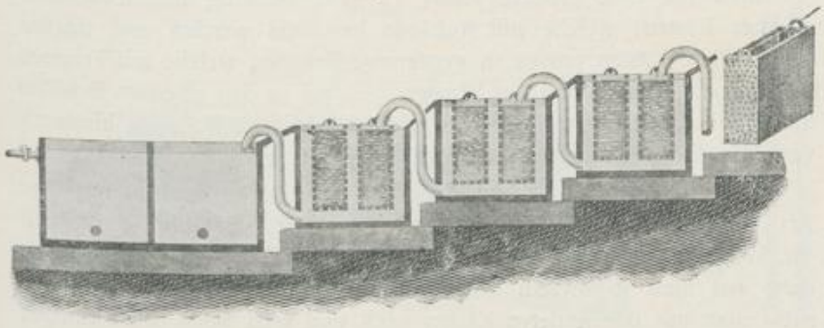

Fig. 35. Auslaugekästen für Soda.

Richtig arbeitet man, wenn man nur eine Art von Lösung darstellt, und zwar nur konzentrierte Lösung, ohne jedoch etwas von den Stoffen, um die es sich handelt, ungelöst zu lassen. Dieses Ziel ist vollkommen zu erreichen. Man muß aber achten: erstens auf die Temperatur, welche durch die Löslichkeitsverhältnisse der betreffenden Stoffe oder aus anderer Rücksicht sich ergibt; zweitens auf den Aggregatzustand der Massen und drittens auf die richtige Bewegung des Wassers bzw. der Lösungen, die entstehen.

Was die Temperatur betrifft, so würden sich hier 32° für das Wasser empfehlen, weil bei dieser Temperatur das Maximum der Löslichkeit von Natriumkarbonat liegt. Man hat aber gefunden, daß bei etwas höherer Temperatur die Bildung von Natron vervollständigt wird, und darin liegt ein Vorteil. Deshalb arbeitet man bei 45—50° C.

Der Aggregatzustand der auszulaugenden Masse ist in diesem und in den meisten derartigen Fällen nicht derjenige feingemahlenen Pulvers, weil dieses zu sehr zusammenbackt und alle Ableitungsrohre verstopft.

Man verwendet grobe Stücke, welche zunächst, wie ein Schwamm, das Wasser ansaugen und von selbst allmählich zerbröckeln.

Die Apparate endlich mit ihrer Zu- und Ableitung von Wasser und Lösung sehen sehr verschieden aus und sind für jeden Zweck etwas anders. Aber allen liegt das gleiche Prinzip zugrunde, nämlich dasjenige des Gegenstroms. Man führt das Wasser der auszulaugenden Masse entgegen. Es ist also nur an Beispielen nachzuweisen, wie diesem allgemeinen Grundsatze in dem besonderen Falle, bei Soda, entsprochen wird.

Die einfachste, jetzt nicht mehr übliche, aber das Wesen der Sache am deutlichsten zeigende Einrichtung ist folgende.

Man hat eine größere Zahl, 12—14, siebartig durchbrochener eiserner Kästen, welche mit Rohsoda beschickt werden und tragbar sind. Diese Kästen passen in geräumige Behälter, welche auf Treppen so angeordnet sind, daß das Wasser, welches in den obersten Behälter fließt, allmählich seinen Weg durch die Kästen mit Rohsoda hindurch verfolgt; dadurch entsteht eine gesättigte Lösung.

Dies ist der erste Strom, derjenige, welcher fortlaufend nur eine Art von Lösung, nämlich konzentrierte, liefert. Er führt dazu, daß die Masse in dem obersten Kasten zuerst vollständig ausgelaugt wird; dann hat man in diesem Rückstand und nimmt ihn fort. Zugleich rückt man mit den anderen Kästen nach und setzt unten einen frischen in die Reihe. So entsteht die zweite Bewegung, der »Gegenstrom«. Dadurch wird immer von Zeit zu Zeit oben ein Kasten mit Rückstand fortgenommen, während unten ein frischer in die Reihe gelangt. Also hat man im ganzen folgendes Bild des Gegenstroms:

Wasser ——————→ gesättigte Lösung.
Rückstand ←—————— Rohsoda.

Den Apparat erläutert Figur 35.

In diesem einfachsten Falle bewegt man auch die auszulaugende Substanz, die Rohsoda, bis sie Rückstand wird. Dabei hängt es von der richtigen Regelung, einerseits des Wassers, anderseits der Zeitabschnitte, in welchen man mit den Kästen vorrückt, ab, jeden Fehler zu vermeiden. Man braucht weder zuviel Wasser zuzuführen, noch irgend etwas Lösliches in dem Rückstand zu belassen. Vielmehr erhält man bei richtiger Arbeit stets an der einen Seite nur gesättigte Lösung, an dem anderen Ende nur Rückstand.

Das Wesentliche, was durch den Gegenstrom bewirkt wird, ist, daß frisches Wasser nur auf diejenige Masse, die fast alles abgegeben hat, also nur noch schwer abgibt, geführt wird, während die beinahe

gesättigte Lösung, die schwer aufnimmt, nur mit frischer, also leicht abgebender Masse zusammentrifft.

Dieses Wesen der Sache ist nicht bei jedem neueren Apparat so deutlich erkennbar; sie sind zweckmäßiger, aber nicht so einfach eingerichtet.

Besser, z. B. für Soda passend, ist, auf denselben Grundsätzen beruhend, der nach Angaben des Physikers Heinrich Buff hergerichtete Apparat, bei welchem sämtliche Kästen auf einer Ebene stehen und nicht bewegt werden (vgl. Figur 36).

Die Bewegung des Lösungsmittels verläuft z. B. durch vier Kästen in folgender Weise. Jeder der vier Kästen ist derart hergerichtet, daß die Soda auf einem Siebboden lagert, während Wasser

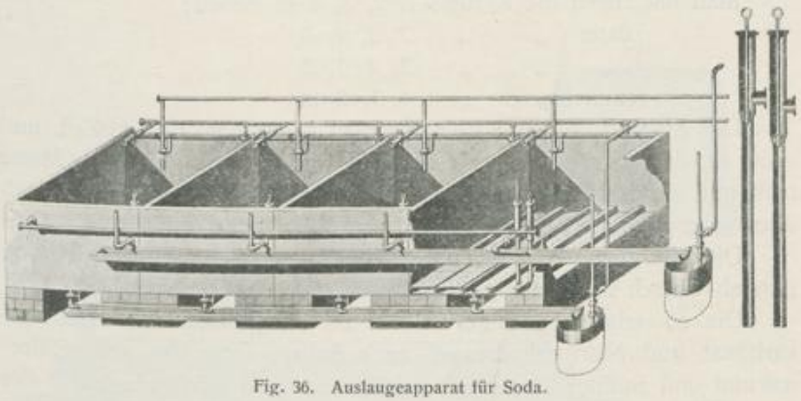

Fig. 36. Auslaugeapparat für Soda.

aufffließt, so daß sich die Lösung unter dem Siebboden ziemlich klar ansammelt.

Von dort tritt sie in ein Rohr mit tiefstehendem Ventil. Öffnet man dieses Ventil, während weiteres Wasser zufließt, so wird die dünne Lösung übergedrückt in einen zweiten, ebenso hergerichteten Kasten, und wenn man die vierfache Menge Wasser auf den ersten Kasten fließen läßt, so kann man nacheinander durch Öffnung der verbindenden Rohre alle vier Kästen bis zu einer gewissen Höhe anfüllen.

Der Erfolg ist, daß in Nummer 1 völlig ausgelaugte Sodamasse, von Wasser durchtränkt, bleibt, während Nummer 4 eine völlig gesättigte Lösung enthält. Denn dorthin kam das Wasser, indem es langsam vier aufgehäufte Massen durchdrang.

Man sperrt also Nummer 1 von den anderen Kästen ab, entläßt zunächst das Wasser durch einen ganz unten angebrachten Hahn, räumt den ausgelaugten Rückstand der Rohsoda aus und füllt neue ein. Währenddessen läßt man die gesättigte Lösung von Nummer 4

durch Ventil und unteren Hahn ab, während frisches Wasser auf Nummer 2 fließt.

Also ist der eine Strom klar vor Augen. Das auffließende Wasser verwandelt sich in gesättigte Lösung, wenn alles, wie eben erörtert, richtig geleitet wird.

Der Gegenstrom kommt hierbei nicht dadurch zustande, daß man die Kästen selbst von Stufe zu Stufe entgegenträgt. Er wird aber tatsächlich dadurch bewirkt, daß man die Reihenfolge der Kästen in gewissen Zeitabschnitten ändert, genau so, wie es schon beim Lösen von Schwefel in Schwefelkohlenstoff auseinandergesetzt wurde, und wie es dem Prinzip des Gegenstroms entspricht.

Man hat zuerst die Kästen: 1, 2, 3, 4 in Arbeit;
dann „ „ 2, 3, 4, 1,
„ „ „ 3, 4, 1, 2,
endlich „ „ 4, 1, 2, 3.

Der Zustand in den Kästen wechselt somit von Zeit zu Zeit, und zwar so, daß frisches Wasser immer die am meisten ausgelaugte Masse trifft und die dem Sättigungszustande nahe gebrachte Lauge zuletzt noch über ganz frische Masse hingeführt wird.

Dies in allen technischen Betrieben wesentliche Prinzip ist von nun ab einfach als dasjenige des Gegenstroms zu bezeichnen.

Die so erhaltene Lauge enthält als Hauptbestandteile Natriumkarbonat und Natriumhydroxyd, auch Sulfat, außerdem aber Chlornatrium und Sulfite; ferner Schwefelnatrium und infolgedessen in der Regel Eisenverbindungen als Doppelsalze, die beim Eindampfen dunkle Färbung hervorrufen.

Zunächst läßt man absitzen und klären. Das Eindampfen erfolgt dann nach den bei Kochsalz gegebenen Regeln, mit ähnlichen Vorrichtungen zum Herausschaffen des Salzes usw.

Dampft man bis zur Trockne, so erhält man „kalzinierte Soda“, d. h. Natriumkarbonat mit allen erwähnten, in Lösung befindlichen Nebenstoffen. Besser ist es, nur bis zu einem gewissen Grade einzudampfen, so daß Natriumkarbonat mit einem Molekül Wasser auskristallisiert, welches beständig entnommen wird, und eine Mutterlauge bleibt, welche auf Natriumhydroxyd verarbeitet werden kann. Dann hat man ununterbrochenen Betrieb, beständige Zuleitung von Lauge, beständige Entnahme der auskristallisierenden Soda.

Dazu dient insbesondere die Thelen'sche Abdampfpfanne. In einer halbrunden Pfanne wird ein großes System von Stangen, welche schrägstehende Schaufeln tragen, beständig umgetrieben. Die Schaufeln berühren, indem sie durch die Lauge gehen, den Boden der Abdampf-

pfanne, nehmen die auskristallisierte Soda mit, führen sie bis über den Rand der Pfanne und lassen sie dort in einen Trockenapparat fallen (vgl. Figur 37).

Die Zeichnung stellt das System von Stangen mit den Schaufeln als solches dar. Ferner sieht man, daß die Pfanne schalenförmig gestaltet ist, und daß die Schaufeln unten über Boden schleifen, während sie oben immer wieder frei werden und Raum lassen.

Dies geht fort, bis die Mutterlauge so konzentriert wird, daß sie das Produkt stark verunreinigt. Dieses Produkt, der Hauptsache nach Natriumkarbonat mit einem Molekül Kristallwasser, wird kalziniert, d. h. von Wasser völlig befreit. Es behält aber natürlich andere Nebenstoffe.

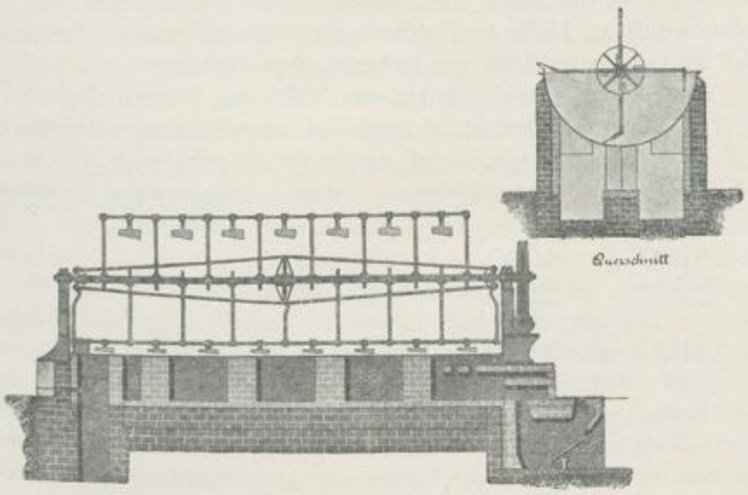

Fig. 37. Thelen'sche Pfanne.

Immer ist etwas Natriumhydroxyd vorhanden; es wird verlangt, daß Schwefelnatrium mittelst Bleipapiers nicht nachzuweisen ist, und daß unlösliche Stoffe nicht mehr als 1—1¼ % ausmachen, Wasser höchstens ½ %. Dagegen macht ein Gehalt von Chlornatrium, sogar auch Natriumsulfat, für die meisten Verwendungen wenig aus.

Im ganzen gewinnt man also:

1. kalzinierte Soda von unbestimmtem Gehalt an Natriumkarbonat. Der letztere beträgt wohl 98 %, oft aber weniger;
2. stark verunreinigte Lauge mit einem wertvollen Bestandteil: Natriumhydroxyd.

Deren Verarbeitung folgt bei Ätznatron.

Neben dieser kalzinierten kommt kristallisierte Soda in Be-

tracht. Sie bietet durch ihre Form Garantie für die Reinheit, sofern keine isomorphen Salze vorhanden sind; dagegen hat sie den Übelstand des großen Wassergehalts: eine Tonne Kristalle enthält 630 kg Wasser.

Zur Darstellung löst man kalzinierte Soda in heißem Wasser bis zur Sättigung, läßt abklären und dann in eisernen Gefäßen erkalten; dadurch kühlt sich die Lösung schnell ab und setzt feste Krusten an.

Der Leblanc'sche Prozeß liefert also als Nebenprodukt wie erwähnt: Ätznatron. Außerdem gewinnt man aus den Rückständen Schwefel. Beides ergänzt ihn derartig, daß er noch betrieben wird.

Was aber das Hauptprodukt, die Soda, betrifft, so verläuft die Sache nicht befriedigend. Die Umsetzung ist so verwickelt, daß die Rohsoda nicht zur Hälfte aus Natriumkarbonat besteht, und die Reinigung führt zu kalzinierter Soda von unbestimmtem Gehalt.

Von diesem Gesichtspunkte aus steht der Ammoniaksodaprozeß höher. Er beruht auf folgenden, lange bekannten Vorgängen:

I. $\underset{\text{Chlornatrium}}{NaCl} + \underset{\text{Ammoniak}}{NH_3} + \underset{\text{Kohlensäure}}{CO_2} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O} = \underset{\text{Natriumbikarbonat (primäres oder saures Salz)}}{NaHCO_3} + \underset{\text{Chlorammonium.}}{NH_4Cl}$

II. $\underset{\text{Natriumbikarbonat}}{2\,NaHCO_3} = \underset{\text{Natriumkarbonat}}{Na_2CO_3} + \underset{\text{Kohlensäure}}{CO_2} + \underset{\text{Wasser.}}{H_2O}$

III. $\underset{\text{Chlorammonium}}{2\,NH_4Cl} + \underset{\text{Calciumhydroxyd}}{Ca(OH)_2} = \underset{\text{Ammoniak}}{2\,NH_3} + \underset{\text{Calciumchlorid}}{CaCl_2} + \underset{\text{Wasser.}}{2\,H_2O}$

Dadurch ist wieder einer der Vorgänge, welche alljährlich von neuem Soda in der Natur entstehen lassen, klargestellt. Eine natürliche Chlornatriumlösung vermag, wenn sie ammoniakalisch wird, Soda zu bilden. Ammoniakalisch kann sie aber leicht dadurch werden, daß Fäulnis- und Verwesungsprozesse Ammoniak hineinliefern. Wenn dies geschehen ist, führt die Einwirkung von Kohlensäure der Luft oder aus einer anderen Quelle schließlich zu Soda. Was den großen Betrieb in der Technik, der nach diesem Muster stattfindet, betrifft, so scheinen nach den Gleichungen II und III wiedergewonnen zu werden:

1. die Kohlensäure, soweit sie nicht in die Form von Soda übergeht;
2. Ammoniak, und zwar die ganze Menge, die angewendet wird.

Wesentlich für den Vorgang sind folgende Eigenschaften des Bikarbonats:

Natriumbikarbonat kristallisiert in monoklinen Tafeln und stellt in der Regel ziemlich harte, schwer lösliche Krusten dar; sie werden schon unter 100°, also beim Kochen der wässerigen Lösung, zersetzt.

Bei 32° lösen 100 Teile Wasser nur 11 Teile Natriumbikarbonat, während bei dieser Temperatur 59 Teile Natriumkarbonat gelöst sind. Bei niederer Temperatur ist das Bikarbonat noch weniger löslich. Es scheidet sich aus.

Zu diesem günstigen Umstande, daß man gleich ein kristallinisches Produkt erhält, kommt der Vorteil, daß man Salz in Lösung, also natürlich vorkommende Salzsole, verarbeiten kann.

Ferner sind es zwei aufeinanderfolgende Prozesse, die zu fertigem, guten Natriumkarbonat führen, während man nach Leblanc, von Chlornatrium ausgehend, vier Prozesse nötig hat: Sulfatbildung, Rohsodaschmelze, Auslaugen der letzteren, Eindampfen und Kalzinieren.

Alles dies hat schon früh zu Versuchen Anlaß gegeben, und zwar haben Schlösing und Rolland 1855 zu Puteaux bei Paris regelmäßigen Fabrikbetrieb eingerichtet. Dieser Betrieb, welcher in zwei Jahren 300 Tonnen (zu 1000 kg) Soda hervorbrachte, schloß damit ab, daß das Verfahren nicht lebensfähig sei. Wenn daher 40 Jahre später das Verfahren große Bedeutung erlangt hat und jetzt das herrschende ist, so lohnt es sich, an dem Beispiel die Gründe festzustellen, die solche Verzögerung eines wichtigen Fortschrittes veranlaßt haben.

Es wird sich zeigen, daß die neueren Apparate das Verfahren lohnend machen, während die älteren einen zu großen Verlust an Ammoniak, der verhältnismäßig teueren Stickstoffverbindung, bedingten. Dies ist ein Beweis für den in der Einleitung aufgestellten Satz, daß in der Technik das beste Verfahren und das schönste Produkt keinen Wert haben, wenn sie nicht in lohnender Weise ausgeführt und benutzt werden können.

Demgemäß war das Ammoniaksodaverfahren ohne Wert, solange man es mit ungenügenden Apparaten betrieb. Jetzt gehört es zu denjenigen, die jährlich große Werte erzeugen. Die Verbesserung der Apparate eingeführt zu haben, ist das Verdienst von E. Solvay in Couillet.

Deshalb nennt man das ganze Verfahren wohl den Solvay-Prozeß, obwohl der Prozeß als solcher lange vorher bekannt, auch im großen versucht war. Das Wesentliche der Neuerung ergibt sich aus folgendem.

Der Apparat, mit welchem Schlösing und Rolland arbeiteten, besteht aus vielen Zylindern mit viel Rohrleitung, wie Figur 38 zeigt. Ammoniakgas wird eingeleitet in eine 30 prozentige Chlornatriumlösung. Darauf folgt der Kohlensäurestrom in zweierlei Form: unreine Kohlensäure, die in allgemein gebräuchlicher, bald näher zu beschreibender Art aus Kalkstein entwickelt wird, und reine aus Natriumbikarbonat.

Dazu dienen horizontal liegende Zylinder aus Eisenblech, die durch Rohrleitungen miteinander in Verbindung stehen und zu kühlen sind. Während die Flüssigkeit durch dieselben langsam fließt, werden die Gase in umgekehrter Richtung bewegt, und zwar durch einen Ventilator angesaugt, so daß dem Prinzip des Gegenstroms entsprochen wird.

Der Strom der Kalkofengase, der viel Luft neben Kohlensäure enthält, reißt natürlich Ammoniak mit; dieses wird durch einen Turm mit Wasserberieselung ziemlich wiedergewonnen. Da aber die Zylinder Rührvorrichtungen haben (vgl. Figur 38 rechts oben), um die Krustenbildung zu vermeiden, so sind Undichtigkeiten wohl kaum zu verhindern gewesen.

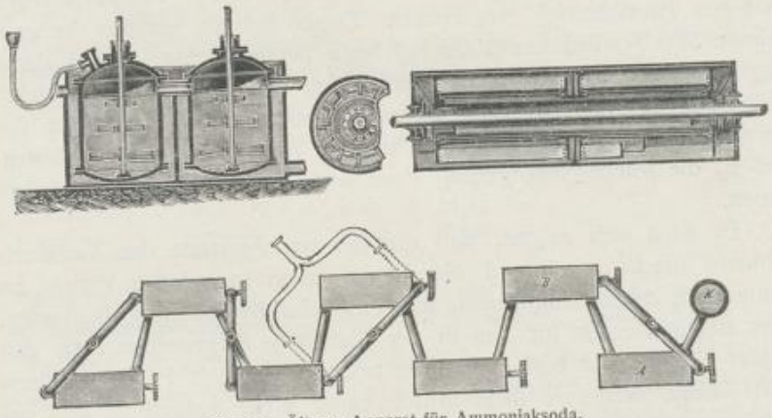

Fig. 38. Älterer Apparat für Ammoniaksoda.

Nach denselben, oft erwähnten Grundsätzen suchten Schlösing und Rolland die Aufgabe mit Hilfe stehender, gekühlter Apparate zu lösen, nämlich dadurch, daß mehrere gleich hergerichtete Zylinder miteinander verbunden werden und der Gasstrom hindurchgeht, ebenfalls der Flüssigkeit entgegen (vgl. Figur 38 links oben).

Da aber die Rührvorrichtung dazu beiträgt, Verluste herbeizuführen, und das Ammoniak nicht wohl wiederzugewinnen ist, so war eine neue Herrichtung der Apparate nötig.

Diese neuen, von E. Solvay erfundenen Apparate bestehen aus einem einzigen Gefäß, statt aus vielen untereinander verbundenen, ohne Rührapparat. Der Verlust von Ammoniak an den Verbindungsstellen ist daher ausgeschlossen. Man arbeitet sogar unter Druck, ohne daß Ammoniak entweicht.

Dabei ist dem Prinzip des Gegenstroms vollständig entsprochen. Auch hier vollzieht sich die Reaktion nicht in einem einzigen Raume mit Unsicherheit, sondern in mehreren Räumen mit sicherem Abschluß. Dann aber muß man fragen: Worin besteht denn das wesentlich Neue? Es besteht darin, daß die erforderliche Anzahl von Räumen nicht durch Aneinanderreihung von Apparaten, die untereinander mangelhaft verbunden sind, geschaffen wurden, sondern dadurch, daß man in einem

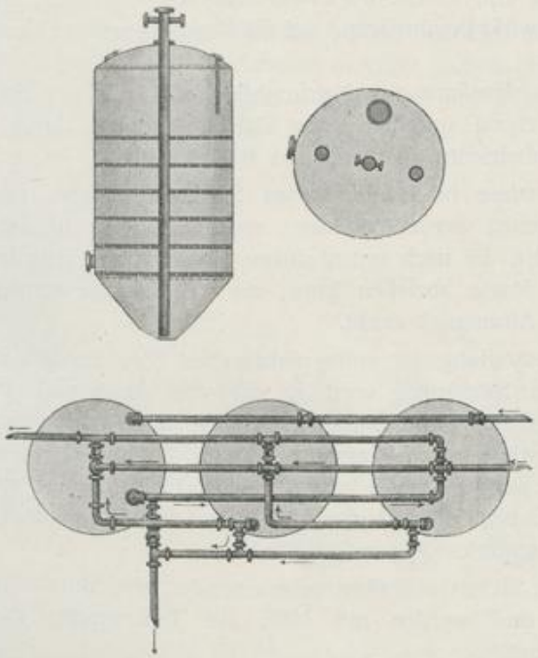

Fig. 39. Solvay-Apparat.

einzigen, gut geschlossenen Apparat die nötige Anzahl von Abteilungen in passender Weise herrichtete.

Unter starkem Druck wird die Kohlensäure in einen Kessel eingepreßt, der bis zu 15 m Flüssigkeit enthalten kann.

Der Solvay'sche Apparat besteht aus einem innen verzinnten Eisenblechzylinder von 11—16 m Höhe, der fast ganz mit Flüssigkeit gefüllt ist. In den Zylinder sind eine Anzahl durchlochter Metallplatten eingesetzt, so daß im Innern sechs oder mehr Abteilungen entstehen, den einzelnen Apparaten entsprechend. Dies erkennt man auf Figur 39 (links oben).

Die Salzsole wird mit Ammoniak versehen, ehe man sie einfüllt. Dann aber wird die Kohlensäure unten in den Zylinder eingepreßt mit einem Drucke von 1—1½ Atmosphären. Sie muß sich überall durchpressen und verhindert die Absätze von Krusten des entstehenden Natriumbikarbonats, während zugleich sehr innige Berührung und starke Bewegung erzielt wird, in jeder Abteilung.

Indem das gepreßte Gas allmählich sich ausdehnt, tritt Temperaturerniedrigung ein, welche die Erwärmung der Flüssigkeit aufhebt. Der Druck aber wirkt begünstigend auf die Reaktion, wie bei dem Weldon-Verfahren.

Die Kohlensäure aus Natriumbikarbonat reicht nicht aus; man verwendet zuerst unreinere, aus Calciumkarbonat durch Glühen in Kalköfen entwickelte; dann die aus Bikarbonat.

Das letztere bildet nur selten Salzkrusten, die durch warmes Wasser abgelöst werden müssen; meist entstehen in der Bewegung feine Kristalle, die nach unten sinken, so daß man jede halbe Stunde unten eine Masse abziehen kann, die viel Kristalle enthält und nicht mehr nach Ammoniak riecht.

Die Herstellung der ammoniakalischen Sole verläuft in folgender Weise: Die Salzlösung wird in die von Ammoniak durchströmte Kolonne gehoben und sättigt sich dort mit Ammoniak, wird aber durch das mitgerissene Wasser verdünnt. Deshalb fließt sie zunächst in mit Salz gefüllte Kessel, nimmt wieder Chlornatrium auf und wird dann von Drucktöpfen aufgenommen, welche sie in die von Kohlensäure durchströmten Apparate befördern.

Letztere stehen in Reihen nebeneinander, sind durch Rohrleitungen verbunden und werden mit Hilfe der Luftpumpen gespeist, wie Figur 40 zeigt.

Schließlich scheidet sich das schwerlösliche Bikarbonat ziemlich vollständig aus, während der ebenso wertvolle Salmiak, Chlorammonium, in Lösung bleibt. Man hat also die vollständige Trennung einer festen Substanz von einer Flüssigkeit in großem Maßstabe zu bewirken, und zwar muß man etwa unvermeidliches Auswaschen auch besonders regeln, weil man sonst zuviel von der festen Substanz dabei löst.

Diese Aufgabe wird in der Technik durch Anwendung von Filtern, die mit Saugvorrichtung versehen sind, oder durch Schleuderapparate gelöst.

Wenn von solchen Filtern die Rede ist, darf man aber nicht an Papier denken. Die Filter in diesem technischen Betriebe sind durchlochte Bleche, zwei übereinander, zwischen welchen Kies und

Sand angebracht und die auch wohl mit Leinwand überspannt sind; unter denselben wirkt die Luftpumpe.

Auch die Schleuderapparate haben als Filtervorrichtung ein durchlochtes Blech, welches mit Tuch überspannt ist. Diesem Blech ist aber die Form einer Trommel gegeben. Diese Siebtrommel ist auf kleiner Scheibe befestigt und wird in schnelle Drehung versetzt etwa dadurch, daß man die Drehung einer großen Scheibe auf die kleine überträgt.

Wenn z. B. die Durchmesser der beiden Scheiben sich wie 1 : 7 verhalten und man die große Scheibe in einer halben Minute 50 mal dreht, so läuft die Trommel gleichzeitig 350 mal um ihre Achse. Da

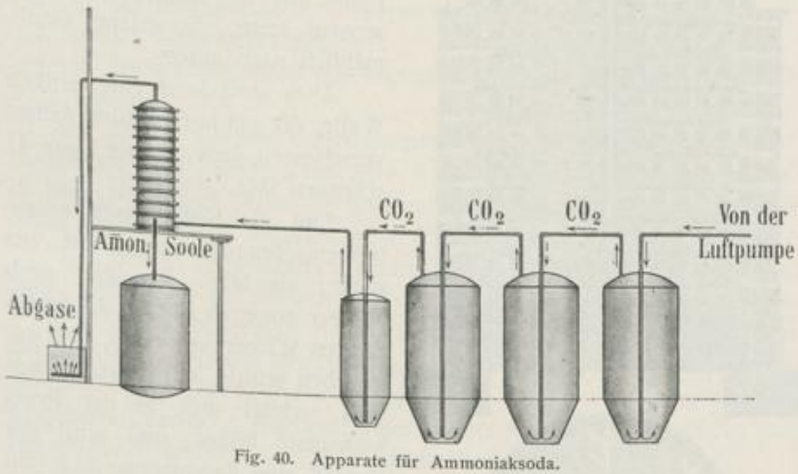

Fig. 40. Apparate für Ammoniaksoda.

dies nun durch Anwendung von Maschinen noch bedeutend gesteigert werden kann, so sind Filterwirkungen jeder Art in verhältnismäßig sehr kurzer Zeit mit Schleuderapparaten — sogenannten Zentrifugen — zustande zu bringen.

Dazu kommt, daß man in den Schleuderapparaten „decken" kann, d. h. die in der Trommel nach dem Abschleudern der Flüssigkeit verbliebene Masse kann ausgewaschen werden, indem man den Apparat von neuem in Bewegung setzt und Wasser einspritzt.

Die Apparate eignen sich daher für viele Arbeiten in der chemischen Industrie, so daß darauf oft Bezug zu nehmen sein wird (vgl. bei Stärke und Zucker).

Beim Waschen des Natriumbikarbonats gehen 1—2 % verloren. Man verarbeitet es deshalb in diesem Zusammenhange, ohne zu waschen,

weil nur etwas Chlorammonium anhaftet, welches nachher fortsublimiert. Reines Bikarbonat für andere Zwecke wird besonders hergestellt.

Zur Überführung des Natriumbikarbonats in Soda dienen verschiedene Apparate. Ein Beispiel folge.

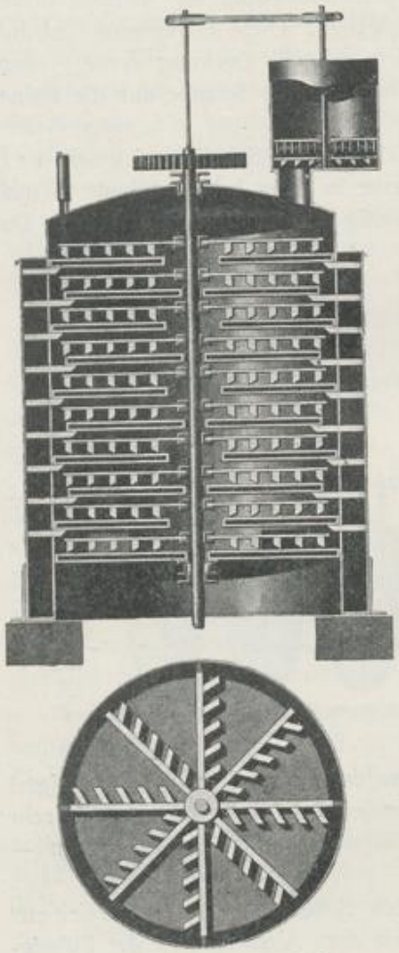

Fig. 41. Darstellung von Soda aus Bikarbonat.

Ein eiserner Zylinder wird von oben mit Bikarbonat beschickt. Er hat eine Anzahl hohler Platten, die mit Dampf oder mit heißen Gasen zu erhitzen und so angeordnet sind, daß das Salz von einer Platte auf die andere geschoben werden kann. So gelangt es allmählich nach unten.

Dies wird durch eine vertikale Welle, die mit horizontalen Armen versehen ist, bewirkt, wie Figur 41 erkennen läßt.

Um die Kohlensäure auszutreiben, braucht man nicht viel mehr, als 60°. Da aber auch Wasser zugegen ist und die letzten Spuren Wasser von Soda, wie angegeben wurde, schwer zu trennen sind, erhitzt man in der Regel bedeutend höher, und wird der Prozeß eine Kalzination, d. h. ein Austreiben von Wasser bei höherer Temperatur.

Die unten entnommene Soda ist feinkörnig und sehr gleichmäßig zusammengesetzt. Sie enthält gewöhnlich 98 % Natriumkarbonat, etwas Chlornatrium und Wasser. Die meisten Verunreinigungen, die bei der Leblanc-Soda zu erwähnen waren, kommen in diesem Zusammenhange nicht in Betracht.

Die aus den Schleudern ablaufende Salmiaklauge enthält viel Chlornatrium. Die Umsetzung ist unvollständig, so daß nur etwa ein Drittel in Reaktion tritt.

Die Gewinnung von Ammoniak geschieht mit Kalk in sehr aus-

gebildeten Apparaten, die später zu beschreiben sind, da sie im allgemeinen für Ammoniak gelten (siehe bei Ammoniak).

Schließlich bleibt eine Lauge, die Chlorcalcium und Chlornatrium enthält. Sie könnte allerdings noch verwertet werden, ist aber bisher meist unbenutzt. Also bis jetzt liefert dieser Prozeß keine Salzsäure. Alles Chlor des Chlornatriums geht in unschädliche, aber auch unbrauchbare Form über.

Deshalb behält der Sulfatprozeß seine noch näher zu erörternde Bedeutung, obwohl die Soda nach Solvay besser darzustellen ist.

Anwendungen der Soda. Das Natriumkarbonat findet Anwendung:

1. in der Glasindustrie für den Glassatz zur Bildung von Silikat;
2. in der Seifenindustrie — neben Ätznatron — für fettsaure Salze;
3. in der Ultramarinindustrie;
4. in der Wollwäscherei und anderen Reinigungsprozessen der Textilindustrie.

Zu diesen großen Verwendungen kommen unzählige kleinere; Herstellung von Natronsalzen aller Art, Benutzung der Soda als Alkali in der chemischen Industrie und anderen Betrieben, wo zu neutralisieren oder schwach alkalisch zu machen ist.

Die beiden erstgenannten Prozesse, die Herstellung von Glas und Seife, gehören zu den ältesten Betrieben chemischer Art, die wir kennen.

Für beide sucht man den Ursprung in Ägypten, und man kann aus dem Gesagten die Bestätigung dafür ableiten. Denn im Altertum stand, wie angegeben, nur eine Quelle für Alkali zur Verfügung: die ägyptische „Trona". Nur mit dieser konnte man das anorganische und organische Präparat, das Glas und die Seife, machen.

Erst im Mittelalter wurde die zweite Quelle für Alkali in der Asche verbrannten Holzes gefunden, wodurch natürlich beide Betriebe mehr Umfang und Mannigfaltigkeit gewinnen konnten.

Heute bildet Chlornatrium den Ausgangspunkt in der erörterten Weise, und dies ist schließlich die Quelle, aus der alle Natriumverbindungen herstammen. Denn auch die natürliche Soda und die Natronsalze in den Pflanzenaschen führen sich, wie erwähnt, auf diesen Ursprung zurück.

Für die Beurteilung der beiden Verfahren, welche jetzt vorwiegend zur Darstellung von Soda benutzt werden und neben denen allmählich noch das elektrolytische Verfahren, ebenfalls an Chlornatrium anknüpfend, zur Geltung kommt, gehört noch die Besprechung der Nebenprodukte und der Rückstände.

Aus dem Betriebe der großen Verfahren hervorgehende Neben-

produkte sind das bei der Ammoniaksoda erwähnte Bikarbonat und das beim Sulfatprozeß auftretende Ätznatron.

Das Natriumbikarbonat enthält von allen zugänglichen Karbonaten am meisten Kohlensäure, nämlich 52,4 %. Die kalzinierte Soda enthält nur 41,5 %, die kristallisierte mit zehn Molekülen Wasser sogar nur 15 % Kohlensäure. Deshalb verwendet man Bikarbonat, wenn es auf Kohlensäure ankommt; dies findet namentlich bei Herstellung von Nahrungs- und Genußmitteln statt, z. B. bei Mineralwasser, bei Vichy-, Emser- und Sodapastillen, bei Backpulver usw.

Daraus folgt, daß entscheidender Wert auf die Reinheit zu legen ist, mithin Umkristallisieren und jede Art der Reinigung zur Anwendung kommt.

Wichtiger ist das andere Nebenprodukt:

Natriumhydroxyd, Ätznatron, kaustische Soda NaOH.

Eigenschaften. Zwei Moleküle Ätznatron verbinden sich mit sieben Molekülen Wasser zu einem kristallinischen Körper. Wasserfrei ist es eine spröde, weiße Masse von faserigem Gefüge, mit starker, kaustischer Wirkung. Es zieht Wasser an, und zwar unter Erwärmung, so daß z. B. Wasser von nahezu 100 ° in lebhaftes Sieden gerät, wenn man Ätznatron einträgt. Dies ist ein ungewöhnliches Verhalten. Meistens tritt beim Lösen fester Substanz in Wasser Temperaturerniedrigung ein, oft sogar eine auffallende. Außerdem wird auch Kohlensäure angezogen. Ätznatron kann also nicht wohl natürlich vorkommen.

Die Darstellung erfolgt nach mehreren Verfahren.

Zunächst ist anzuknüpfen an die beim Aussoggen der Soda verbleibende Mutterlauge, deren Gehalt an Natriumhydroxyd aus dem Verlaufe des Leblanc-Prozesses abgeleitet wurde. Die Beschaffenheit und die Art der Reinigung einer solchen stark kaustischen und stark verunreinigten Lauge sind Dinge von allgemeiner Bedeutung.

Vor allem wird darauf gehalten, daß die Lauge stark genug ist, um die Verarbeitung zu lohnen. Man nimmt deshalb bei dem Sodaprozeß darauf Rücksicht durch zwei Maßnahmen.

Die Menge des Ätznatrons wird vergrößert, wenn man den Prozentsatz der Kohle in dem Gemenge mit Sulfat erhöht und die Rohsoda mit Wasser von 50 ° auslaugt. Nachdem durch Eindampfen — häufig in Vakuumapparaten — bis zum spezifischen Gewicht 1,5 Natriumkarbonat mit Chlornatrium usw. ausgeschieden ist, behält man Ätznatron als „Rotlauge“, unreine Lauge, deren ziegelrote Farbe von