seinen Hauptverbindungen schon besprochen worden. Ebenso fanden Metallverbindungen, z. B. die des Zinks und des Magnesiums, schon mehrfach Erwähnung. Auch kommen solche im Zusammenhange weiter vor.

Besondere Besprechung verlangen aber noch der Sauerstoff und die technisch wichtigen Verbindungen des Calciums.

Bei den Methoden zur Herstellung von Sauerstoff tritt wieder der Verwendungszweck als maßgebend hervor. Für einzelne Zwecke wird Sauerstoff möglichst rein verlangt, für andere kommt eine erhebliche Beimengung von Stickstoff nur rechnerisch in Betracht; endlich gibt es Verwendungen, die außer Sauerstoff auch Wasserstoff erfordern, so daß die Darstellung beider Gase zweckmäßig miteinander verbunden wird.

Demgemäß bestehen wesentlich drei Verfahren:

Sehr reiner Sauerstoff wird, wie schon angeführt, durch Zerlegung von Hyperoxyden erhalten. Als Hyperoxyd wird am besten dasjenige des Bariums benutzt. Es entsteht, wenn bei 750° Luft über erhitztes Bariumoxyd geleitet wird, und gibt bei niederer Temperatur und vermindertem Druck Sauerstoff wieder ab. Die Vorgänge sind also folgende:

$$\underset{\text{Bariumoxyd}}{BaO} + \underset{\text{Sauerstoff (der Luft)}}{O} = \underset{\text{Bariumhyperoxyd,}}{BaO_2}$$

$$\underset{\text{Bariumhyperoxyd}}{BaO_2} = \underset{\text{Bariumoxyd}}{BaO} + \underset{\text{Sauerstoff.}}{O}$$

Für den ersten Vorgang ist Bedingung, daß der Baryt porös und hart ist, was durch Herstellung aus Bariumnitrat bei Glühhitze erzielt wird. Ferner muß die zugeführte Luft frei von Kohlensäure und von Staub sein. Das ist schwieriger zu erfüllen; denn man muß die Kohlensäure durch kaustischen Kalk und Ätznatron bei vollkommener Trockenheit entziehen, so daß Staub leicht hinzukommt.

Nachher ist der Luftdruck auf etwa fünf Zentimeter Quecksilber zu ermäßigen, also der Sauerstoff aus den Retorten abzusaugen, nachdem man durch Ventile den Zutritt der Luft abgestellt hat.

Man erhält ein Gas von etwa 98 % Sauerstoff mit wenig Stickstoff. Der Stickstoffgehalt ist meistens höher, wenn man, wie jetzt üblich, Sauerstoff aus verflüssigter Luft durch fraktionierte Destillation gemäß den Verfahren von Pictet und Linde herstellt. Einen reineren, dem aus Bariumsuperoxyd ebenbürtigen Sauerstoff kann man aber aus Luft in einfacherer Weise, ohne vorherige Verflüssigung der Luft, gewinnen, wenn man, nach dem hauptsächlich von Hildebrandt durchgearbeiteten Verfahren, durch Wasser auf etwa 15° abgekühlte, sehr stark komprimierte Luft (180 Atmosphären) zunächst durch den aus der Anlage

entweichenden kalten Stickstoff weiter abkühlt (Gegenstrom) und dann unter Einführung in weitere Räume, deren Wandungen größere Metallmassen enthalten, so weit entspannt (0,3 Atmosphären), daß sich in den oben gelochten Spiralwindungen, welche sich an den Entspannungsraum

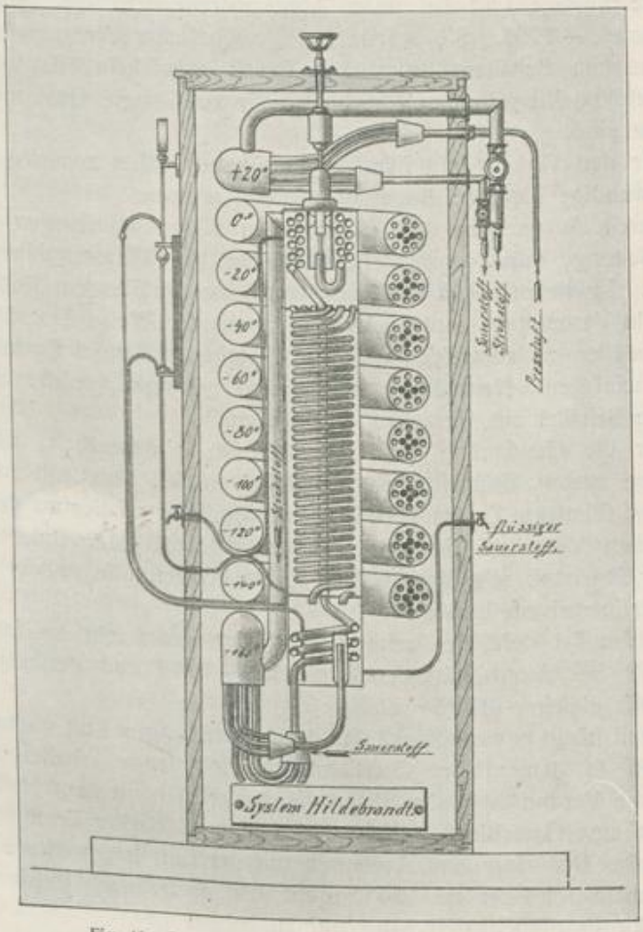

Fig. 46. Sauerstoffherstellung aus Luft nach Hildebrandt.

anschließen, im wesentlichen nur reiner Sauerstoff in flüssiger Form ausscheidet. Man kann diesen Prozeß im Gegensatz zu der fraktionierten Destillation, welche bei der Spiritusherstellung zu niedriger siedendem Alkohol führt, als Dephlegmation oder fraktionierte Kondensation bezeichnen, da es sich im vorliegenden Falle um die Gewinnung des höher siedenden Sauerstoffs handelt.

Die Zeichnung läßt den Betrieb mit der Hildebrandtschen Anlage leicht erkennen. Dies führt auf die Besonderheiten, welche flüssige Luft im Vergleich mit den schon erwähnten, verflüssigten Gasen bedingt.

Die flüssige Luft hat unter Atmosphärendruck eine Temperatur von etwa: — 190°. Sie würde bei gewöhnlicher Zimmerwärme in geschlossenen Behältern so starken Druck entwickeln, daß die bei Schwefeldioxyd erwähnten Vorschriften für verflüssigte Gase nicht anwendbar sind.

Für den Verkehr mit flüssiger Luft haben daher zunächst offene, doppelwandige Flaschen eingeführt werden müssen.

Durch Auspumpen des Zwischenraums der Wandungen ist die Wärmeleitung, durch metallischen Überzug die Wärmestrahlung vermieden. In diesen, nicht luftdicht verschlossenen Flaschen findet nun auch die Versendung statt, wobei in passender Weise Erschütterung und Umfallen zu vermeiden ist. Die Flaschen stehen in Drahtkörben mit Filzeinlagen. Neuerdings ist es auch gelungen, solche doppelwandige Behälter aus Porzellan herzustellen.

Für die Gewinnung von Sauerstoff ist es wesentlich, daß das Gemenge zuerst Stickstoff abdunsten läßt, so daß Sauerstoff zunächst noch im flüssigen Zustande verbleibt. Man erkennt dies an dem gewöhnlichen Verhalten des Sauerstoffs und sieht insbesondere, daß flüssiger Sauerstoff sehr stark wirkt. Kohle verbrennt in reinem Sauerstoff mit intensivem Lichte.

In der Tat steht die Sache so, daß der Siedepunkt des flüssigen Stickstoffs bei Atmosphärendruck gleich — 194° und derjenige des Sauerstoffs gleich — 180,5° ist.

Damit hängt es zusammen, daß der in verflüssigter Luft vorhandene Sauerstoff in den offenen Behältern ziemlich lange erhalten bleibt. Durch die Verdunstung des Stickstoffs bildet sich in dem Halse der Flaschen eine Gasschicht, welche beim Mangel starker Erschütterung kein großes Bedürfnis zum Austausch mit der Luft hat, weil sie kälter und deshalb schwerer ist. So kommt man dazu, nach Verdunstung des Stickstoffs brauchbaren Sauerstoff zu haben.

Es ist ferner zu beachten, daß bei der Verflüssigung der Luft Sauerstoff zuerst flüssig wird. Die ersten Tropfen, die sich aussondern, enthalten fast 50 % Sauerstoff und der letzte Tropfen, der bei der Verflüssigung entsteht, ist ein Stickstoff, der etwa 7 % Sauerstoff enthält.

Alles dies wird benutzt, wenn der flüssige Zustand nur als Hilfsmittel der Trennung dient und schließlich Sauerstoff in der üblichen Gebrauchsform — also gepreßtes Gas — herzustellen ist.

Man treibt die Verflüssigung nur so weit, daß mit Sicherheit aller Sauerstoff verflüssigt ist. Den immerhin zugleich verflüssigten Stickstoff läßt man dann abdunsten und benutzt die dabei entstehende Kälte zur Vorkühlung neuer Mengen von Sauerstoff.

Dabei kommt wieder das Prinzip des Gegenstroms mit Erfolg zur Anwendung und zwar in einer Weise, die bei der Kälteerzeugung mit Hilfe von Ammoniak noch besonders erläutert wird.

Im übrigen ist noch nicht daran zu denken, den Sauerstoff in flüssiger Form dauernd aufzubewahren. Dafür kann nur das Gas ins Auge gefaßt werden, dieses aber unter starkem Druck, so daß man verhältnismäßig viel in einem gewissen Volumen hat. Man läßt also den verflüssigten Sauerstoff auch vergasen, sammelt ihn zunächst in geeigneten Gasbehältern, die nach der Art der Luftballons aus Zeug hergerichtet sein können, und komprimiert ihn nach Bedarf.

Er enthält noch etwa 2—4 % Stickstoff. Diese Beimengung hat für viele Zwecke keine Bedeutung, während ein entsprechender Gehalt an Wasserstoff allerdings berücksichtigt sein will.

Dies kommt bei dem dritten, dem elektrolytischen Verfahren in Betracht. Es wird benutzt, wenn man beide Bestandteile des Wassers gebraucht. Die Trennung von Wasserstoff und Sauerstoff ist aber, wie nach den gegebenen allgemeinen Auseinandersetzungen zu erwarten ist, nicht vollständig, auch bei Anwendung von Diaphragmen usw.

Die Gemenge von Wasserstoff und Sauerstoff sind nicht ungefährlich, weil Entzündungen vorkommen können. Wenn man z. B. 4 % Wasserstoff hat, so bedeutet dies 6 % Knallgas. Bunsen hat allerdings festgestellt, daß bei Atmosphärendruck erst ein höherer Knallgasgehalt — 8,7 % — die Explosionsfähigkeit bedingt. Da aber der zur Versendung kommende Sauerstoff bedeutend höheren Druck hat, und da solcher Sauerstoff auch aus dem Auslande mit unkontrollierbarem Gehalt an Wasserstoff eingeführt wird, so ist es nötig geworden, über die zulässige Höhe des letzteren Bestimmung zu treffen.

Was die Möglichkeit der Entzündung betrifft, die auch bei reinem Sauerstoff und reinem Wasserstoff vorliegt, aber wohl zu beseitigen ist, so handelt es sich wesentlich um Fettstoffe, welche durch den stark auf- oder überströmenden Sauerstoff Feuererscheinung geben, während Wasserstoff durch die Reibungshitze bei heftiger Ausströmung sich entzünden kann.

Die Dichtung der Sauerstoffbehälter ist daher unter Ausschluß von Fettstoffen zu bewirken und heftiges Ausströmen des gepreßten Wasserstoffs zu vermeiden.

Die Verwendung des in der einen oder anderen Art ge-

wonnenen Sauerstoffs läuft namentlich auf Herstellung hoher Temperaturen hinaus. Zum Löten und Schweißen dient die Knallgasflamme, welche zugleich die Benutzung von Wasserstoff bedingt. Dieser wird durch die Elektrolyse des Wassers in einem Reinheitsgrade von 98 bis 99 % geliefert. Bei Verbrennung von Wasserstoff und Sauerstoff steigt die Temperatur so hoch, daß man Eisen mit Eisen zusammenschmelzen kann. Man bezeichnet dies als „autogenes Schweißen".

Das in den letzten Jahren zu hoher Bedeutung gelangte „autogene Schneiden" eiserner Gegenstände, von eisernen Platten aller Art, von Stäben, Masten usw. erfordert ebenfalls einen sehr reinen Sauerstoff (mindestens 98 %igen), der auf die durch die Stichflamme eines Knallgasbrenners vorgeheizte Stelle der Eisenplatten gerichtet wird. Es beruht dieses Verfahren, welches Eisen beliebiger Stärke nach einer vorgezeichneten Linie scharf zu durchschneiden gestattet, auf der exothermischen Reaktion, welche bei der Oxydation des auf Gelbglut erhitzten Eisens durch den reinen Sauerstoff eintritt und an der von dem letzteren getroffenen Stelle ein Schmelzen des Eisens bewirkt.

Eisen verbrennt im O-Strom.

Die Benutzungen des Sauerstoffs sind aber nicht nur chemischer, sondern auch hygienischer Art. Man verbessert durch Sauerstoff die Luft in Kranken- und Arbeitssälen, man schützt bei Unglücksfällen in Bergwerken dadurch vor Erstickung. Die Luftschiffer nehmen Sauerstoff mit und atmen diesen in hohen Luftschichten durch ein dickes Nargileh-Mundstück, welches nebenbei Luft zuläßt.

Kurz die Benutzung ist schon mannigfaltig, der Preis aber noch so hoch, daß an Verwendung an Stelle von Luft in Feuerungen nicht zu denken ist. Dies erst würde die große Umwälzung hervorbringen, die in der Herstellung rauchloser und nicht verschwendender Feuerungen liegt.

Calciumverbindungen.

Danach folgen die technisch wichtigen Verbindungen des Calciums, abgesehen von Calciumcarbid (vgl. Leuchtgas).

Im wechselseitigem Zusammenhange stehen:

Calciumoxyd	und	Calciumkarbonat
CaO		$CaCO_3$.

Eigenschaften: Calciumoxyd ist eine weiße amorphe Masse, porös und sehr schwer zu schmelzen.

Es zieht Wasser an und bildet Hydroxyd, $Ca(OH)_2$. Allgemein bekannt ist die dabei eintretende Erhitzung. Weniger beachtet wird, daß auch Ausdehnung damit verbunden ist. Beides kann sich aber