

Einige Pflanzen besitzen die wertvolle Eigenschaft, reinen Stickstoff zu binden, namentlich die Leguminosen. Die Wurzeln der Pflanzen dieser Gattung sind mit Kolonien von mikroskopischen Schmarotzerpilzen bedeckt, die den atmosphärischen Stickstoff absorbieren und ihn in organische Bindung überführen. Das Unterpflügen einer Leguminosenernte bereichert also den Boden an stickstoffhaltigen Bestandteilen, die auf Kosten des unerschöpflichen Reservoirs von atmosphärischem Stickstoff gebildet sind.

### Atmosphärische Luft.

316. Die Luft ist ein Gemenge verschiedener Gase. Außer Stickstoff und Sauerstoff, ihren Hauptbestandteilen, enthält sie die Glieder der Argongruppe, ungefähr 1 %, Kohlendioxid 0,05 %, Wasserdampf in schwankenden Mengen, dann Spuren von Wasserstoff und Kohlenwasserstoffen. Lokale Verschiedenheiten können der Luft noch andere Gase beimischen, wie  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ . In diesem Werk wurde bereits darauf hingewiesen, daß der Gehalt der Luft an Wasserstoff sehr viel geringer ist, als man früher annahm (vgl. 67). Mit Sicherheit ist er nicht festgestellt, aber er ist geringer als  $\frac{1}{1\,500\,000}$  des Volumens.

Der Gehalt der Luft an Stickstoff und Sauerstoff ist bemerkenswert beständig. Ganz gleich, welcher Breite, Länge oder Höhe entnommen enthalten 100 Teile trockener Luft 78,1 Teile Stickstoff, 20,9 Teile Sauerstoff und 0,94 Teile Argon. 100 g trockener Luft 75,5 g Stickstoff, 23,1 g Sauerstoff und 1,3 g Argon. Die Gleichmäßigkeit in der Zusammensetzung der Atmosphäre könnte zu dem Glauben veranlassen, daß die Luft eine unbeständige Verbindung von Sauerstoff und Stickstoff ist. Dem ist nicht so, was aus den folgenden Überlegungen hervorgeht.

1. Die Formel einer Verbindung von Sauerstoff und Stickstoff, die 76 Teile N auf 23 Teile O enthält, würde einem viel höheren Molekulargewicht entsprechen, als mit der Dichte der Luft in Übereinstimmung wäre (Avogadro'sches Gesetz). Zur Erklärung dieser anormalen Dichte könnte man eine sehr tiefgehende Dissoziation der Verbindung annehmen; da aber in diesem Fall der Dissoziationskoeffizient von der Temperatur abhängt, so müßte das gleiche für die Dichte gelten. Die Dichte der Luft ist aber unveränderlich.

2. Mischt man Stickstoff und Sauerstoff derart, daß man ein Gas von der Zusammensetzung der Luft erhält, so beobachtet man keine thermische Änderung. Es ist aber bekannt, daß jede chemische Verbindung von einer Energieänderung des Systemes begleitet ist. Also entsteht keine Verbindung.

3. Löst man Luft in Wasser auf, so wird jedes Gas unabhängig vom andern aufgenommen, wobei es dem Gesetz von Henry gehorcht. Infolgedessen besitzt das Gemisch des aufgelösten Stickstoffs und Sauerstoffs nicht mehr die Zusammensetzung der Luft, es enthält 35 %

Sauerstoff. Wäre die Luft eine Verbindung, so müßte Wasser Stickstoff und Sauerstoff in demselben Verhältnis lösen, das man in der Atmosphäre findet.

Scheinbar müßte der ständige Verbrauch an Sauerstoff durch die Atmung der Lebewesen und die Verbrennungserscheinungen eine ständige Abnahme des Gehaltes der Luft an Sauerstoff und eine Zunahme des Anteils der Kohlensäure herbeiführen. Dagegen beweist die Erfahrung, daß die Zusammensetzung der Luft fast konstant bleibt. Bei dem Kohlenstoff wird die Erklärung dieses Umstandes gegeben werden.

**317. Verflüssigung der Luft.** Dehnt sich ein Gas aus, so kühlt es sich auch ab. Bei einem vollkommenen Gas wird dies nur beobachtet bei Leistung einer äußeren Arbeit zur Überwindung der Widerstände, die sich der Ausdehnung entgegensetzen. In den meisten Fällen verursacht die Ausdehnung innere Arbeit, wodurch auch Wärme verbraucht wird. Dieser Verbrauch ist um so größer, je stärker der Anfangsdruck war. Er rührt daher, daß bei hohen Drucken die Gase dem Gesetz von Mariotte nicht mehr folgen. Sie besitzen dann eine gewisse Kohäsion, die bei der Ausdehnung überwunden werden muß, wodurch Wärme verbraucht wird. Die Nutzbarmachung der durch die Ausdehnung erzeugten Kälte gestattet die Verflüssigung fast aller Gase

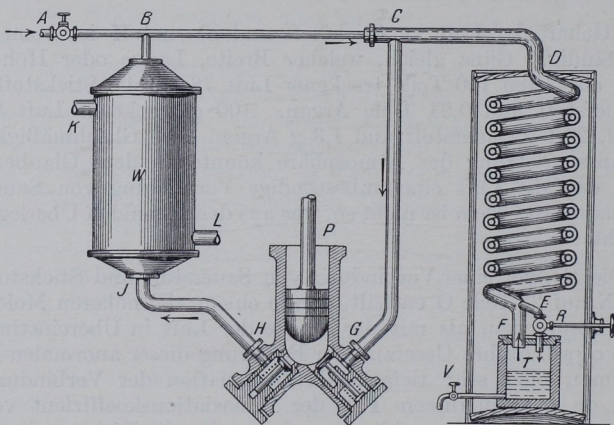


Fig. 49.

und vor allem auch der Luft. Man nimmt sie in dem Apparat von Linde vor (Fig. 49). Die Kompressionspumpe P treibt durch Röhre JCD die auf 200 Atmosphären komprimierte Luft. Diese durch die Kompression erwärmte Luft wird in der Kühltrommel W auf gewöhnliche Temperatur oder auf 0° abgekühlt und strömt von dort in die innere Röhre BE der Doppelschlange D. So gelangt sie zu dem Reduktionsventil R, das derart eingestellt ist, daß die Ausdehnung des Gases den Druck auf 20 Atmosphären in dem Behälter T und der äußeren Schlange FC herabsetzt. Diese starke Druckherabsetzung verursacht eine be-



trächtliche Abkühlung der Luft, die durch Rohr G zur Kompressionspumpe befördert wird. Die ganze Schlange wird also durch die Ausdehnung abgekühlt; die komprimierte Luft kommt ständig in BE an, wird bei Ventil R stärker abgekühlt als im ersten Kreislauf und im Augenblick der Ausdehnung wird sich die Temperatur weiter erniedrigen und so eine weitere Abkühlung von DF verursachen. Nach einer gewissen Zeit sinkt die Temperatur der Schlange auf  $-150^{\circ}$ . In diesem Augenblick tropft die Luft in flüssigem Zustande in den Behälter TC und kann durch V abgezapft werden. Hahn A dient dazu, neue Mengen der äußeren Luft einzusaugen. Das ganze Schlangensystem ist in eine Umhüllung aus einem schlechtem Wärmeleiter eingepackt.

Soll die Ausdehnung Abkühlung verursachen, so muß die innere Arbeit beträchtlich sein. Die Verflüssigung wird also um so beträchtlicher sein, je weiter das Gas sich vom Zustand eines vollkommenen Gases entfernt. Bei 200 Atmosphären Druck ist Wasserstoff ein noch zu vollkommenes Gas, als daß die Ausdehnung genügend abkühlt. Daher muß man ihn vor dem Zusammenpressen mit Hilfe flüssiger Luft auf  $-190^{\circ}$  abkühlen, um ihn in ein unvollkommenes Gas überzuführen und so durch Ausdehnung verflüssigen zu können.

Neuerdings hat Claude Luftverflüssigungsmaschinen hergestellt, in denen das Gas bei seiner Ausdehnung eine äußere Arbeit zu leisten hat, wodurch eine neue Wärmemenge verbraucht wird. Die so erhaltene Abkühlung addiert sich zu der, die von der inneren Arbeit herrührt. So kann man den Anfangsdruck erheblich verringern, ihn auf 30 Atmosphären erniedrigen, den Enddruck bei der Ausdehnung auf 4 Atmosphären heruntersetzen.

Flüssige Luft ist eine schwach blau gefärbte Flüssigkeit, die infolge des Vorhandenseins fester  $\text{CO}_2$  trüb ist. Von dieser Verunreinigung befreit man sie, indem man sie durch Papier hindurchfiltriert; so wird sie vollständig klar. Die flüssige Luft wird in doppelwandigen Gefäßen aufbewahrt, bei denen der Zwischenraum luftleer gepumpt ist. Sie dient als Kältequelle.

Läßt man flüssige Luft langsam verdunsten, so entweicht der flüchtigere Stickstoff zuerst, und man kann so fast reinen flüssigen Sauerstoff (vgl. 79) als schöne blaue Flüssigkeit gewinnen. Um der flüssigen Luft die zur Verdunstung des Stickstoffs nötige Wärme zu liefern, läßt man gasförmige Luft durchperlen. Diese kühlt sich ab, und der darin enthaltene Sauerstoff, der weniger flüchtig ist als Stickstoff, kondensiert sich und reichert so den flüssigen Rückstand an Sauerstoff an. Benutzt man Apparate zur fraktionierten Kondensation (vgl. fraktionierte Destillation, organische Chemie), so bekommt man schließlich einerseits fast reinen Stickstoff, andererseits eine bis zu 96% Sauerstoff enthaltende Flüssigkeit. Das Verfahren wird jetzt bereits industriell verwendet (Claude).