

Ueber das Wasser

in chemischer Beziehung.

Von

PROF. DR. JOH. OSER.

Vortrag, gehalten am 20. November 1878.

Es gibt kaum eine zweite chemische Verbindung, welche eine in alle unsere Lebensverhältnisse so tief eingreifende Rolle spielt wie das Wasser. Wenn ich daher daran gehe, die wichtigsten dieser Beziehungen darzustellen, kann ich mich um so mehr auf das Wasser in chemischer Beziehung beschränken, als derselbe Gegenstand nach statischer und dynamischer Richtung hier durch einen beredteren Mund behandelt werden wird.

Unsere Kenntniss der Zusammensetzung des Wassers ist eine Errungenschaft der neueren Zeit und kaum ein Jahrhundert alt. Von Aristoteles bis gegen das Ende des achtzehnten Jahrhundert nahm man an, dass der Urstoff in vier verschiedenen Grundformen, Elemente genannt, auftrete. Diese vier Elemente waren Erde, Feuer, Luft und Wasser.

So sagt z. B. noch Macquer in seinem Lehrbuch der Chemie (1766) als Resumé der von ihm angeführten Thatsachen:

„So sehen wir, dass die Grundlage aller zusammengesetzten Körper die vier Elemente Feuer, Luft, Wasser und Erde sind, die schon von Aristoteles als solche erkannt worden, lange ehe man die Kenntnisse besessen, diese Wahrheit zu prüfen.“

Es mag uns diese Ansicht über das Wasser Wunder nehmen zu einer Zeit, da doch schon die Alchymisten durch ungefähr fünf Jahrhunderte in ihren Laboratorien mit dem grössten Eifer den Geheimnissen der Materie nachgespürt hatten. Bedenkt man jedoch das eigentliche Ziel derselben, so wird diese Thatsache einigermaassen erklärlich. Die Alchymisten waren lediglich bemüht, das Mittel zu finden, um unedle Metalle in edle und vor Allem in Gold zu verwandeln, ein Mittel, welches bekanntlich als Elixir majus oder der Stein der Weisen bezeichnet wurde.

Dieses Ziel schien um so eher erreichbar, als man überzeugt war, Wasser in Erde verwandeln zu können. Als Beweis hiefür wurde z. B. unter Anderem die Thatsache angesehen, dass man bei anhaltendem Kochen von Wasser in einem Glasgefässe, bei fortwährender Zurückführung der condensirten Dämpfe und nach schliesslicher vollständiger Verdampfung des Wassers einen erdigen Rückstand erhielt. Jetzt wissen wir, dass dieser aus dem durch das Wasser angegriffenen Glas stammt.

Dieser Auffassung gegenüber lassen sich unsere heutigen Kenntnisse über das Wasser in zwei einfache Sätze zusammenfassen:

I. Neun Gewichtstheile Wasser werden gebildet bei der Vereinigung von einem Gewichtstheil Wasserstoff mit acht Gewichtstheilen Sauerstoff.

II. Zwei Volumina Wasserstoff vereinigen sich mit einem Volumen Sauerstoff zu zwei Volumina Wasserdampf.

Den Ausgangspunkt für diese Erkenntniss bildete zunächst die Entdeckung des Wasserstoffgases. Boyle machte 1671 darauf aufmerksam, dass bei dem Uebergiessen von metallischem Eisen mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure ein brennbares Gas entweiche. Damit war aber das Wasserstoffgas noch nicht entdeckt. Während nämlich einerseits die Brennbarkeit von Gasen einem Gehalt derselben an Schwefel zugeschrieben und dabei das Wasserstoffgas mit anderen brennbaren Gasen mehr oder weniger zusammengeworfen wurde, nahmen andererseits Viele an, dass das bei diesem Prozesse sich entwickelnde Gas verschieden sei, je nachdem man Eisen oder Zink, Schwefelsäure oder Salzsäure anwende. Erst Cavendish (1766) bestritt diese Annahme und erkannte das Wasserstoffgas als ein spezifisches Gas, obwohl er über die Entstehung desselben noch im Irrthum war. Als Anhänger der damals herrschenden Phlogistontheorie war er nämlich der Ansicht, das Wasserstoffgas, welches er Phlogiston nannte, sei in dem metallischen Eisen oder Zink enthalten und werde daraus durch Säuren in Freiheit gesetzt, während wir heute wissen, dass es in der einwirkenden Säure enthalten ist.

Da nun der Wasserstoff, mit Sauerstoff verbrannt, Wasser gibt und also auch beim Verbrennen desselben mit atmosphärischer Luft Wasser entsteht, war zur Entdeckung der Zusammensetzung des Wassers nur noch ein Schritt.

Da man jedoch damals die Gase noch über Wasser auffing und da ferner verhältnissmässig grosse Volumina

von Sauerstoff und Wasserstoff nur geringe Mengen von Wasser liefern, wurde diese Bildung von Wasser entweder nicht bemerkt, oder selbst wenn dies der Fall war, wegen des Auftretens von Wasser bei vielen chemischen Processen, nicht weiter beachtet.

Wenige Epochen können sich in Bezug auf rege wissenschaftliche Thätigkeit auf allen Gebieten mit dem Ende des achtzehnten Jahrhunderts vergleichen und es gilt dies besonders auch auf jenem der Chemie. Selbst Geometer und Ingenieure griffen damals zu den Retorten und Schmelztiiegeln oder suchten wenigstens durch Correspondenz an der raschen Entwicklung der Chemie theilzunehmen. So kommt es, dass das Verdienst der Entdeckung der Zusammensetzung des Wassers drei hervorragenden Geistern: Cavendish, Watt und Lavoisier, zugeschrieben werden muss. Cavendish war es, der zuerst die Thatsache wahrnahm, dass bei der Verbrennung von Wasserstoff mit Sauerstoff sich Wasser bildet, Watt schloss daraus auf die Zusammengesetztheit des Wassers, ohne jedoch, da er die Thatsachen von dem Standpunkte der Phlogistontheorie beurtheilte, die Bestandtheile desselben vollkommen zu erkennen. Lavoisier endlich erkannte, dass das Wasser nur aus Wasserstoff und Sauerstoff bestehe und bewies diess auch sofort durch ein analytisches Experiment. Er leitete Wasserdämpfe durch eine rothglühende, mit Eisendraht gefüllte eiserne Röhre und erhielt in dem Rohr eine Sauerstoffverbindung des Eisens, während Wasserstoffgas entwich, eine Zerlegung des Wassers, die auch heute noch als

Vorlesungsversuch Anwendung findet. Um die Volumsverhältnisse, in denen sich Sauerstoff und Wasserstoff mit einander zu Wasser verbinden, zu ermitteln, wurden 1805 von Gay Lussac und Humboldt genaue Versuche angestellt. Sie fanden das genaue Verhältniss von zwei Voluminas Wasserstoff zu einem Volumen Sauerstoff, ein Verhältniss, das für den Chemiker deshalb von besonderem Interesse ist, weil von demselben die heute herrschende sogenannte Molekulartheorie ihren Ausgangspunkt nimmt.

Eine genauere Bestimmung der Gewichtsverhältnisse, in denen sich Wasserstoff und Sauerstoff verbinden, wurde 1820 von Berzelius und Dulong und 1843 von Dumas vorgenommen und gefunden, dass ein Gewichtstheil Wasserstoff sich mit acht Gewichtstheilen Sauerstoff zu Wasser verbindet, Zahlen, die auch heute noch dem Chemiker maassgebend sind.

Bisher haben wir nur von dem Wasser als chemischer Verbindung, d. h. von reinem Wasser gesprochen. Es besitzt aber die Eigenschaft, nicht blos eine grosse Anzahl von festen Substanzen, sondern selbst Gase aufzulösen, und so kommt es, dass das in der Natur vorkommende Wasser je nach seiner Herkunft mehr oder weniger davon enthält. Man kann sich aus solchem reines Wasser darstellen, indem man es durch Erhitzen in Dampf verwandelt und die gebildeten abziehenden Wasserdämpfe durch Abkühlen wieder verdichtet und auffängt. Man nennt solches Wasser destillirtes Wasser. Eine solche Destillation findet nun in der Natur im

grossartigsten Maasstabe statt; fortwährend werden enorme Wassermassen durch Verdunstung von der Erdoberfläche in die Atmosphäre gehoben, durch in derselben aus verschiedenen Ursachen auftretende Abkühlungsprocesse wieder condensirt und in Form von atmosphärischen Niedersehlagen zur Erde zurückgeführt. Auf diesem Rückwege beginnt aber schon wieder dessen Verunreinigung; zunächst beladet es sich nach Maassgabe seines Absorptionsvermögens mit den in der Luft enthaltenen Gasen.

Das Absorptionsvermögen des Wassers hängt aber ab:

I. Von den Temperaturs- und Druckverhältnissen, unter welchen die Absorption stattfindet, und zwar in der Weise, dass unter sonst gleichen Umständen um so mehr absorhirt wird, je niedriger die Temperatur und je höher der Druck ist.

II. Von der substantiellen Natur der Gase, indem unter sonst gleichen Verhältnissen von derselben Masse Wasser ungleich grosse Mengen verschiedener Gase absorhirt werden. Dieses letztere Verhältniss drückt man durch den sogenannten Absorptionscoefficienten aus und versteht darunter das auf 0 Grad und 760 mm. Quecksilberdruck reducirte Gasvolumen, welches von der Volumeinheit Wasser absorhirt wird.

Für die Gase, welche hier als Bestandtheil der Luft in Betracht kommen, haben wir für Wasser von 0 Grad C. folgende Absorptionscoefficienten:

für Sauerstoff	0·04114
„ Stickstoff	0·02035
„ Kohlensäure	1·7967

Wie ersichtlich, ist der Absorptionscoefficient des Wassers für Sauerstoff mehr als doppelt so gross und der für Kohlensäure ungefähr vierzigmal so gross wie jener für Stickstoff. Daraus ergibt sich, dass das vom Wasser bei seinem Durchgang durch die Atmosphäre absorbirte Gasgemenge an Sauerstoff und Kohlensäure relativ reicher sein wird als die atmosphärische Luft.

Dies wird auch durch die Analysen des vom Regenwasser absorbirten Gasgemenges bestätigt.

100 Volumina des im Regenwasser von 20 Grad C. absorbirten Gasgemenges enthielten:

Stickstoff	64·47	Volumina
Sauerstoff	33·76	„
Kohlensäure	1·77	„

100 Volumina atmosphärischer Luft enthalten:

Stickstoff	79·01	Volumina
Sauerstoff	20·95	„
Kohlensäure	0·04	„

Die Thatsache, dass das im Wasser absorbirte Gasgemenge reicher an Sauerstoff ist, ist ebensowohl für die im Wasser lebenden Organismen, als auch für die in demselben ablaufenden Oxydationsvorgänge von grosser Wichtigkeit. Es wurde sogar von Mallet eine Methode angegeben, um mit Benützung dieses Umstandes für industrielle Zwecke Sauerstoff darzustellen. Der Apparat

hiez u besteht aus einer Anzahl von eisernen luftdicht schliessenden Wasserbehältern, welche so angeordnet sind, dass die Communication zwischen je zwei aufeinander folgenden Gefässen nach Belieben unterbrochen oder hergestellt werden kann. Die Operation beginnt damit, dass in dem ersten Behälter, dessen Verbindung mit dem zweiten unterbrochen ist, Luft unter fünf Atmosphären Druck eingepresst wird; das hier absorbirte sauerstoffreiche Gemenge wird nach der Entfernung des nicht absorbirten stickstoffreicheren mittelst einer Saugpumpe abgesaugt und nun neuerdings mit einem Druck von fünf Atmosphären in das zweite Gefäss eingepresst, dessen Wasser nun relativ noch mehr Sauerstoff absorbirt. Bei genügender Anzahl der Behälter kann man auf diese Weise beinahe reines Sauerstoffgas erhalten.

Bei dem Durchgang des meteorischen Wassers durch die Atmosphäre werden nicht blos Gase, sondern auch in der Luft befindliche lösliche feste Substanzen aufgenommen. Hieher gehören vor Allem salpetersaures und kohlen-saures Ammoniak, die man in den atmosphärischen Niederschlägen constant, jedoch in wechselnden Mengen vorfindet. Wenn auch in einer Million Gramm Regenwasser nur einige Gramm dieser Verbindungen enthalten sind, so repräsentiren sie bei den grossen Massen atmosphärischer Niederschläge doch ein sehr bedeutendes Quantum, welches als Stickstoffnahrung der Pflanzen für die Agricultur von der höchsten Bedeutung ist.

Ausser diesen Verbindungen befindet sich in der Atmosphäre eine grosse Menge von Staub, der ebenfalls zum Boden niedergeführt wird. Insoferne in demselben lösliche unorganische Verbindungen enthalten sind, gehen auch diese in das Wasser über. In der Luft findet sich ausserdem organischer Staub, der zum Theil aus Keimen und Sporen von Organismen besteht und daher kommt es, dass das Regenwasser, wenn es längere Zeit bei höherer Temperatur stehen bleibt, in Fäulniss übergeht und übelriechend wird. Trotzdem ist es noch immer als ein sehr reines Wasser anzusehen, erst auf der Erdoberfläche angelangt, ändert es rasch seine Natur. Es läuft hier zum Theil oberflächlich ab, zum Theil dringt es in den Boden, indem es die erdigen Schichten durchdringt oder in Spalten und Klüften des Gesteines immer tiefer hinabsickert, bis es dann auf Wasser undurchlassenden Schichten sich sammelt und weiter fliesst und endlich an irgend einer Stelle hervorbricht und als Quellwasser zu Tage tritt. Dabei durchzieht es das Gestein nicht blos in dessen Sprüngen und Rissen, sondern dringt auch mehr oder weniger in die compacte Gesteinmasse, was durch den Druck der darüber laufenden Wassersäule noch befördert wird. Es gibt wenig Gesteine, welchen diese Eigenschaft, von dem Wasser durchfeuchtet zu werden, abginge. Man kann dies an frisch gebrochenen Steinen sehr häufig beobachten, indem diese, anfangs feucht und von dunklerer Farbe, erst nach dem Verdunsten des Wassers lichter und meist auch härter werden. Mehrere Fuss grosse Blöcke, die

längere Zeit dem Regen ausgesetzt waren, findet man bei dem Zerschlagen vom Wasser durchdrungen und selbst scheinbar ganz dichte Gesteine, wie z. B. der Basalt, zeigen im Innern oft ganze Wassertropfen. Auf diesem Wege wirkt nun das Wasser überall lösend auf die Bodenbestandtheile und verändert seine Beschaffenheit immer mehr. Diese Wirkung erstreckt sich hierbei nicht bloß auf jene salzartigen Verbindungen, die wir, wie z. B. Kochsalz, Chlorkalium, schwefelsaure Magnesia, Gyps etc., als im Wasser mehr oder weniger leicht löslich kennen, auch solche Verbindungen, die man gewöhnlich als unlösliche ansieht, gehen in dasselbe über. So wird z. B. der Kalkstein, Dolomit, Spatheisenstein von kohlensäurehaltigem Wasser in beträchtlichem Maasse gelöst.

Ebenso verhalten sich manche Doppelsilicate, werden sie sehr fein gepulvert, so löst selbst destillirtes Wasser ganz merkliche Mengen davon auf und in noch viel höherem Grade wirkt das kohlensäurehaltige Wasser. Dass selbst Glas vom Wasser angegriffen wird, und dass dieser Umstand zur Meinung führte, man könne Wasser in Erde umwandeln, wurde bereits angeführt. So wird auch der scheinbar unlösliche Kalifeldspath durch kohlensäurehaltiges Wasser in kieselsaure Thonerde (Thon) verwandelt, während dessen Kali als kohlensaures Kali in Lösung fortgeführt wird.

Das Regenwasser enthält, wie bereits angegeben, noch wenig Kohlensäure, erst im Boden nimmt es grössere Mengen davon auf. Die obersten Bodenschichten sind

überall von organischen Substanzen durchdrungen, die theils unter dem Einfluss des in den porösen Erdschichten befindlichen, theils in dem meteorischen Wasser aufgelösten Sauerstoffs fortwährend zu Kohlensäure oxydirt werden. Diese wird dann von dem Wasser absorbirt und dadurch dessen lösende Energie wesentlich erhöht. Eine andere Quelle für die Bildung von kohlensäurehaltigem Wasser ist die massenhaft aus dem Erdinneren hervorströmende Kohlensäure, welche von dem Wasser je nach Maassgabe der Temperatur- und Druckverhältnisse absorbirt wird.

Die oben besprochenen Wirkungen des Wassers auf die Gesteinsbestandtheile, welche man als Verwitterungsprocesse bezeichnet, scheinen, wenn man nach im kleinen Maassstabe unternommenen Experimenten urtheilt, ganz geringe, wenn man aber überlegt, dass dieselben unausgesetzt stattfinden, und welche Wassermassen dabei fortwährend unsere Erdrinde durchziehen, so kommt man zur Einsicht, dass dadurch die grossartigsten Veränderungen hervorgebracht werden müssen. Wir brauchen uns nur an die grossen Thonlager zu erinnern, welche auf diesem Wege aus feldspathhaltigen oder feldspathähnliche Bestandtheile führenden Gesteinen entstanden sind, um eine Vorstellung von dem ausserordentlichen Umfange dieses Processes zu gewinnen. Dabei werden die Gesteine häufig nicht bloß ausgelaugt, sondern in ihnen auch Bestandtheile des Wassers abgelagert, die oft aus weiter Entfernung herbeigeführt wurden und die Gesteine metamorphosiren.

Ich begnüge mich, diese geologischen Wirkungen des Wassers, welches so als Träger des Stoffwechsels in der Erdrinde auftritt, hier angedeutet zu haben und will nur noch darauf aufmerksam machen, dass auf diesem Verwitterungsprocess die Möglichkeit eines continuirlichen Pflanzenwuchses beruht, indem unlösliche Verbindungen fortwährend gelöst und den Pflanzen als Nährstoffe zugeführt werden.

Es ist nun klar, dass die Beschaffenheit des Wassers sich wesentlich nach der Natur der Bodenschichten richten muss, welche es durchzieht, ein Zusammenhang, den schon Plinius anführt: *Tales sunt aquae, qualis terra per quam fluunt.*

Ist die Menge der vom Wasser gelösten Bestandtheile sehr bedeutend, das gewöhnliche Maass übersteigend, so bezeichnet man dann solche Wässer als Mineralwässer, obwohl dieser Begriff manchmal auch für Wasser nur aus dem Grunde angewendet wird, weil dasselbe eine Temperatur besitzt, welche die mittlere Jahrestemperatur des betreffenden Ortes bedeutend übersteigt, so z. B. bei den Quellen von Gastein und Pfäfers, welche beide weniger fixe Bestandtheile enthalten als ein gewöhnliches Brunnenwasser.

Besonders kohlensäurereiche Wässer nennt man Säuerlinge, haben sie einen grösseren Gehalt an kohlensaurem Eisenoxydul, so nennt man sie Stahl- oder Eisenquellen, bei einer grösseren Menge von Carbonaten der Alkalien alkalische, bei hervorragendem Gehalt an schwefelsaurem Natron Glaubersalz-,

bei grösseren Mengen von schwefelsaurer Magnesia Bittersalzwässer. Solche Quellen endlich, die reich sind an Schwefelwasserstoff oder löslichen Schwefelmetallen, nennt man Schwefelquellen.

Bei dem gewöhnlichen Quellwasser unterscheidet man vorzüglich zwischen hartem und weichem Wasser. Bei einem grösseren Gehalt an Kalk- oder Magnesiumsalzen nennt man das Wasser hart, weil sich in einem solchen Hülsenfrüchte nicht gut weich kochen lassen. Die Kalk- und Magnesiumsalze sind darin theils als Carbonate in überschüssiger Kohlensäure gelöst, theils als Gyps oder Bittersalz oder Chlormagnium, die für sich allein im Wasser löslich sind, vorhanden.

Die Carbonate werden beim Kochen durch Austreiben der lösenden Kohlensäure abgeschieden, während die anderen dabei in Lösung bleiben. Es wird also der Grad der Härte durch das Kochen verändert und man unterscheidet daher zwischen der Härte vor dem Kochen, welche man als Gesamthärte bezeichnet, und jener nach dem Kochen, welche man bleibende Härte nennt.

In grösseren Massen lässt sich die Härte des Wassers bis zu einem gewissen Grade schon an seiner Farbe erkennen. Das reine Wasser ist nämlich nicht, wie gewöhnlich angenommen wird, farblos, sondern besitzt eine rein blaue Farbe, die aber so wenig intensiv ist, dass sie dem Auge erst dann sichtbar wird, wenn das Licht durch eine Wasserschicht von bedeutender Dicke dringt. Es war Bunsen, der durch Beobachtungen an den

isländischen Vulcanen angeregt, auf diese Thatsache zuerst aufmerksam machte, und die blaue Farbe von destillirtem Wasser auch durch das Experiment nachwies. Die blaue Farbe des Wassers wird auch durch aufgelöste unorganische Salze nicht verändert. Ein ausgezeichnetes Beispiel hiefür bietet die blaue Grotte von Capri im Golf von Neapel. Das Meerwasser ist dort so klar, dass man in einer Tiefe von mehreren hundert Fuss die kleinsten Objecte auf dem lichten Meeresgrunde wahrnehmen kann. Die Grotte, deren Eingang in dem senkrecht abfallenden Felsufer über das Meeresniveau nur wenige Fuss hervorragt und sich erst unter dem Wasser nach der Tiefe hin ausweitet, wird nur durch Licht beleuchtet, welches durch mehrere hundert Fuss tiefe Wasserschichten bis zum hellen Untergrund durchgegangen und von diesem wieder in die Grotte zurückgestrahlt wird. Das durchgelassene Licht erlangt hierdurch eine solche Färbung, dass die dunklen Höhlenwände von einem reinblauen Schimmer erhellt werden und selbst verschiedenfarbige Objecte unter der Oberfläche des Wassers in hellem Blau erscheinen. Nach Clausius sind die in der Luft schwebenden zahllosen Wasserbläschen auch Ursache der blauen Farbe des Himmels.

Während die gewöhnlichen unorganischen Salze die Farbe des Wassers nicht verändern, geschieht dies hingegen durch jene organischen Substanzen, welche wir als Humussubstanzen bezeichnen; das Wasser erhält durch sie eine gelbe, in dicken Schichten eine braune Farbe. Die Humussäuren lösen sich leicht entweder in

reinem Wasser oder in einem Wasser, welches Verbindungen der Alkalien enthält, enthält es aber grössere Mengen von Kalk- oder Magnesiasalzen, so werden sie vom Wasser nur sehr wenig aufgenommen, weil diese mit ersteren sehr schwer lösliche humussaure Salze bilden. Wässer, die aus dem Kalkgebirge kommen, zeigen daher eine blaue oder grüne Farbe, während solche, die z. B. in einem Granitgebirge ihren Ursprung nehmen, wegen ihres Gehaltes an Alkalien Humussäuren leicht auflösen und dadurch eine braune Farbe annehmen.

Die harten Wässer sind zum Waschen, für den Dampfkesselbetrieb, für gewisse Färbeprocesses etc. nur schlecht oder gar nicht verwendbar.

Die Fettsäuren der Seife bilden bei der Anwendung von solchem Wasser zum Waschen mit den Kalk- und Magnesiasalzen unlösliche fettsaure Salze und es beginnt die Seife mit dem Wasser erst dann zu schäumen, wenn diese ausgefällt sind. Man braucht daher zur Erzielung desselben Effectes um so mehr Seife, je härter das Wasser ist. Ausserdem schlagen sich auf die Wäsche die gebildeten fettsauren Kalk- und Magnesiasalze in Flocken nieder, die sich durch Spülen nur unvollständig entfernen lassen und beim Bügeln gelbe Flecken verursachen.

Beim Dampfkesselbetrieb scheiden sich bei längerem Kochen die Kalk- und Magnesiicarbonate und später auch der Gyps ab und bilden an den Kesselwänden sich ansetzende harte Krusten, den sogenannten Kesselstein. Abgesehen davon, dass dieser von Zeit zu Zeit ausge-

schlagen werden muss, wobei die Kessel stark leiden, wird der Brennmaterialaufwand gesteigert, ja selbst Dampfkessel-Explosionen können dadurch verursacht werden.

Wenn daher nur hartes Wasser zur Verfügung steht, wird es häufig nothwendig, vor der Verwendung die Kalk- und Magnesiasalze daraus zu entfernen, eine Operation, welche man das Weichmachen des Wassers nennt. Unter den vielen hiefür vorgeschlagenen Methoden hat sich für die Anwendung im Grossen besonders die Methode von Stingl und Berenger, welche auf der combinirten Einwirkung von Kalkmilch, Soda und Aetznatron beruht, bewährt.

Die Anforderungen, die man an Wasser für industrielle Zwecke stellt, fallen nicht vollständig mit jenen für gutes Trinkwasser zusammen. Gutes Trinkwasser taugt zwar in der Regel auch für industrielle Verwendung, man kann diesen Satz jedoch nicht umkehren.

Als Bedingungen für gutes Trinkwasser gelten im Allgemeinen folgende:

1. Es muss klar, hell und geruchlos sein.
2. Die Temperatur desselben soll entsprechend niedrig und die Schwankungen derselben in den verschiedenen Jahreszeiten nur geringe sein.
3. Es darf keine grosse Härte haben und namentlich keine wesentlichen Mengen von Magnesiasalzen enthalten.

4. Es sollen keine grösseren Mengen von Chloriden und Sulfaten vorhanden sein.

5. Es dürfen sich darin nur wenig organische Stoffe und keine Fäulnisorganismen vorfinden.

6. Es soll weder grössere Mengen von salpetersauren noch von Ammoniaksalzen enthalten.

Manche dieser Bedingungen sind von selbst einleuchtend; so ergeben sich die sub 1 und 2 angeführten schon als Anforderungen des Geschmacksinnes, eine grössere Menge von Salzen perhorrescirt man wegen ihrer purgirenden Wirkungen.

Weniger übereinstimmend sind aber die Ansichten über die zulässigen Grenzwerte dieser Salze und besonders gilt dies auch bezüglich der Härte. Es herrscht wohl allgemeine Uebereinstimmung darüber, dass insoweit die Härte auf einem Gehalt an Gyps oder Magnesiasalzen beruht, also was früher als bleibende Härte bezeichnet wurde, dieselbe der Verwendung als Trinkwasser abträglich sei, indem die Magnesiasalze purgirend wirken, während nach Einigen der Gyps sogar Kropfbildung und Cretinismus begünstigen soll. Dagegen gehen die Meinungen über die Bedeutung der Härte, welche durch die Bicarbonate des Kalks und der Magnesia bedingt wird, weit auseinander. Während von Manchen angenommen wird, dass die Bicarbonate ungünstig auf die Verdauung wirken, kann nach Anderen der Kalk einen günstigen Einfluss auf die Knochenbildung ausüben, eine physiologische Bedeutung des Kalks, die bei dem Umstande, als die festen Excremente grosse

Mengen von Kalksalzen enthalten, wenig wahrscheinlich ist.

Von besonderem Einfluss auf die Güte des Trinkwassers sind die in dem Wasser vorhandenen organischen Substanzen und damit in Zusammenhang die salpetersauren und Ammoniaksalze. Lange fortgesetzte und in umfassender Weise, besonders in England, angestellte Beobachtungen haben die Ueberzeugung begründet, dass epidemische Krankheiten, wie Typhus, Ruhr, Cholera etc., durch das Trinkwasser in der Weise verbreitet werden können, dass dasselbe mit Excreten der daran erkrankten Personen verunreinigt wurde. Es gibt mehrere Wege, auf denen eine solche Infection erfolgen kann; sei es, dass das Brunnenwasser durch den Inhalt von Senkgruben oder Canälen mittelst Durchsickerung der trennenden porösen Erdschichten verunreinigt wurde oder dass solche Abfälle in Bäche und Flüsse gelangen, deren Seihwasser als Trinkwasser dient, oder dass Wasser benützt wird, welches seinen Weg durch mit solchen Excreten gedüngtes Land genommen hat. Selbst das Regenwasser kann solche organisirte Fermente, welche sich auch, besonders in Städten, als Staub in der Atmosphäre befinden, enthalten.

Nicht organische Substanzen als solche, wie z. B. Humussäuren, sind es daher, die man im Trinkwasser perhorrescirt, sondern organisirte Substanzen. Letztere lassen sich wegen ihres höheren Stickstoffgehaltes von den ersteren bis zu einem gewissen Grade durch die Analyse unterscheiden und

auch das Mikroskop leistet zu ihrer Auffindung sehr gute Dienste.

Da nun weiters solche stickstoffhältige organisirte Substanzen bei ihrem Zerfall Ammoniak liefern, welches in porösen Erdschichten durch den darin circulirenden Sauerstoff und unter Mitwirkung der im Boden vorhandenen basischen Substanzen in salpetrigsaure und salpetersaure Salze übergeführt wird, so ergibt sich, dass solche im Trinkwasser in grösserer Menge vorkommende Salze ein Indicium dafür sind, dass eine Verunreinigung mit thierischen Abfallstoffen stattgefunden hat, und es liegt dann auch die Wahrscheinlichkeit vor, dass in demselben noch solche Gährungsorganismen, welche dieser Oxydation entgingen, zurückgeblieben sind.

Früher war man der Ansicht, dass ein mit Kloakeninhalt verunreinigtes Flusswasser nach einem Weg von mehreren deutschen Meilen wieder Trinkwasser liefern könne, indem die organischen Stoffe theils durch den im Wasser gelösten Sauerstoff, theils durch die im Wasser lebenden Pflanzen und Thiere zerstört werden. Die von einer englischen Commission (Rivers Pollution Commission) durchgeführten Versuche haben nun wohl eine solche Wirkung constatirt, aber auch nachgewiesen, dass dieselbe in weitaus geringerem Maasse stattfindet, als bis dahin vorausgesetzt wurde. Andere von derselben Commission angestellte Untersuchungen zeigten, dass eine solche Oxydation viel besser durch Filtriren des Wassers durch poröse Erdschichten, und zwar am raschesten dann erfolge, wenn die Filtration nicht continuirlich,

sondern mit Unterbrechungen vorgenommen wird, so dass sich die Erde zwischen zwei aufeinanderfolgenden Operationen neuerdings mit Sauerstoff beladen kann.

In stark bevölkerten Gegenden, besonders in industriellen Bezirken, wo die Abwässer von vielen Städten und Fabriken in die Flüsse abgeführt werden, erreicht die Verunreinigung derselben oft einen solchen Grad, dass dadurch nicht nur alles thierische Leben vernichtet, sondern auch für die an den unteren Partien des Stromlaufes gelegenen Orte eine Benützung zu industriellen Zwecken unmöglich gemacht und selbst wegen der in denselben ablaufenden Fäulnissprocesse für die Anwohner geradezu gesundheitsgefährlich wird. Es wird daher jetzt in England angestrebt, die Erlaubniss zum Einlassen der Canalwässer in die Flüsse an die Bedingung einer vorausgegangenen Filtration zu knüpfen. Die Wirksamkeit eines solchen Verfahrens ergibt sich aus folgender Tabelle, welche die Veränderung der Sielwässer von Merthur Tydfill, einer englischen Stadt von 52.000 Einwohnern, durch Filtration nachweist:

	Gelöster organischer		Suspendirte
	Kohlenstoff	Stickstoff	organische Materie
Vor dem Filtriren	1·282	0·952	6·56
Nach dem Filtriren	0·123	0·031	Spur

Man ist in England noch weiter gegangen und sucht die Reinigung der Canalwässer zugleich mit der Nutzbarmachung der darin enthaltenen düngenden Substanzen für die Agricultur zu verbinden.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass schon das Ueberrieseln der Wiesen mit gewöhnlichem Wasser auf den Graswuchs die günstigsten Wirkungen ausübt, und es war daher zu erwarten, dass bei der Anwendung der Canalwässer der Effect noch gesteigert werden würde. Die Erwartungen, welche man an diese Cultur, welche man als Rieselcultur bezeichnet, knüpfte, wurden durch die erlangten Erfolge noch weit überstiegen, so dass solche Culturen nicht nur an vielen Orten Englands, sondern auch schon auf dem Continent eingeführt wurden, so bei Asnières in der Nähe von Paris, in Danzig, während eine solche bei Berlin eben in der Ausführung begriffen ist.

Obwohl bei der Anwendung dieser Düngung auf gewisse Culturpflanzen noch manche Schwierigkeiten zu überwinden sind, scheint doch damit der Weg gefunden zu sein, den Anforderungen, welche von der Rücksicht auf die öffentliche Gesundheitspflege gestellt werden, zu genügen und dabei gleichzeitig den Werth, welchen die düngenden Substanzen der Abwässer repräsentiren, im Interesse der Landwirthschaft auszunützen.

Neben der Benützung des Wassers als Trinkwasser nimmt dessen Anwendung als Eis immer grösseren Umfang an. Zum Conserviren von Genuss- und Lebensmitteln wird hievon ein umfassender Gebrauch gemacht, für den Conditor gibt es zur Bereitung von Gefrorenem kein praktischeres Mittel als Eis, für den Arzt ist es für den innerlichen und äusserlichen Gebrauch geradezu unentbehrlich geworden. Zur Conservirung von Bier,

Fleisch, Milch etc. findet es nicht blos von Bierbauern, Gastwirthen, Fleischhändlern etc. Verwendung, auch im Hauswesen wird es zu solchen Zwecken in dem Maasse, als es billiger und regelmässiger zu beschaffen ist, immer mehr benützt; in neuerer Zeit wurde durch dasselbe sogar ein Import von frischem Fleisch aus Amerika nach England und Deutschland ermöglicht.

In allen diesen Fällen wirkt es als Mittel, die Temperatur, unabhängig von der Jahreszeit, auf ein niederes Niveau herabzubringen und auf demselben längere oder kürzere Zeit zu erhalten. Im Eis sind uns die niederen Temperaturen, welche vor vielen Monaten herrschten, gleichsam ebenso conservirt wie die Wärmequantitäten, welche vor Jahrtausenden zur Bildung der Steinkohle beigetragen haben. In Gegenden, in denen es während des Winters in grösserem Maasse zur Bildung kommt, wird es daher in grossen Quantitäten aufgesammelt, in wärmeren Klimaten aus nördlicher gelegenen Ländern oder auch aus Gegenden von bedeutender Höhenlage, wie z. B. den Alpen, bezogen. So verschifft Nord-Amerika grosse Mengen von Eis nach Süd-Amerika, West- und Ostindien, Norwegen nach England und den deutschen Nordseehäfen. Daneben hat auch die künstliche Herstellung von Eis schon in solchem Maasse platzgegriffen, dass einzelne Fabriken sich blos mit der Herstellung von Eismaschinen befassen.

Wir kennen drei Mittel, durch welche Temperaturniedrigungen herbeigeführt werden können:

1. Die Auflösung von festen Körpern, besonders von Salzen.

2. Die Verdunstung von Flüssigkeiten.

3. Die Ausdehnung (Expansion) gasförmiger Körper.

Wollte man mittelst der Auflösung von Salzen im Wasser Eis erzeugen, so würde dasselbe viel höher zu stehen kommen, als bei Verwendung der beiden anderen Mittel. Man macht daher davon nur dann Anwendung, wenn man schon Eis oder Schnee zur Verfügung hat und mittelst derselben eine weit unter 0 Grad herabgehende Temperatur, wie z. B. bei der Erzeugung von Gefrorenem, braucht. Man kann z. B. mit einer Mischung von 106 Gewichtstheilen Schnee und 33 Gewichtstheilen Kochsalz eine Temperatur von — 21 Grad C. erzielen.

Erzeugung von Kälte durch Verdunstung. Um eine Flüssigkeit in Dampf zu verwandeln, ist in jedem Falle Wärme nothwendig, ob nun der Dampf durch Erhitzen der Flüssigkeit bis zu ihrem Siedepunkte oder durch freiwillige Verdunstung gebildet wird. Es ist z. B. eine bekannte Thatsache, dass, wenn man bei schwachem Luftzug den befeuchteten Finger in die Höhe streckt, an der gegen die Windrichtung gekehrten Seite das Gefühl der Kälte auftritt, eine Folge der an dieser Seite hervorgerufenen vermehrten Verdunstung, indem die hierzu nothwendige Wärme zum grossen Theil der Hand entzogen wird.

Lässt man eine Flüssigkeit in einem Gefässe freiwillig verdunsten, so kann man an ihr aus demselben Grunde eine Temperaturerniedrigung beobachten, welche

um so grösser sein wird, je höher der durch die Verdunstung hervorgerufene Wärmeverlust gegenüber der in gleicher Zeit von aussen zugeführten Wärmemenge ist. Es geht daraus hervor, dass man hierbei um so niedrigere Temperaturen erzielen kann, je mehr die Verdunstung befördert wird. Diese erfolgt aber unter sonst gleichen Verhältnissen um so rascher, unter je niederem Druck dieselbe vor sich geht und je niedriger der Siedepunkt der zu verdunstenden Flüssigkeit liegt. So ist z. B. bei Wasser, dessen Siedepunkt bei 100 Grad C. liegt, die Verdunstung viel langsamer als bei Aether, der bei 35 Grad C. siedet. Man wählt daher für jene Eismaschinen, welche auf der Verdunstungskälte basiren, Flüssigkeiten mit niederem Siedepunkt, und man hat hiefür ausser dem wenig tauglichen Wasser Aether, Methyläther, Ammoniak, Schwefelkohlenstoff, schweflige Säure etc. angewendet oder auch nur in Vorschlag gebracht.

Zur lebhaften Verdunstung ist ausserdem noch nothwendig, dass die gebildeten Dämpfe wieder rasch entfernt werden, und werden für diesen Zweck entweder Luftpumpen oder die Absorption der Dämpfe durch Flüssigkeiten oder auch beide Mittel zugleich angewendet.

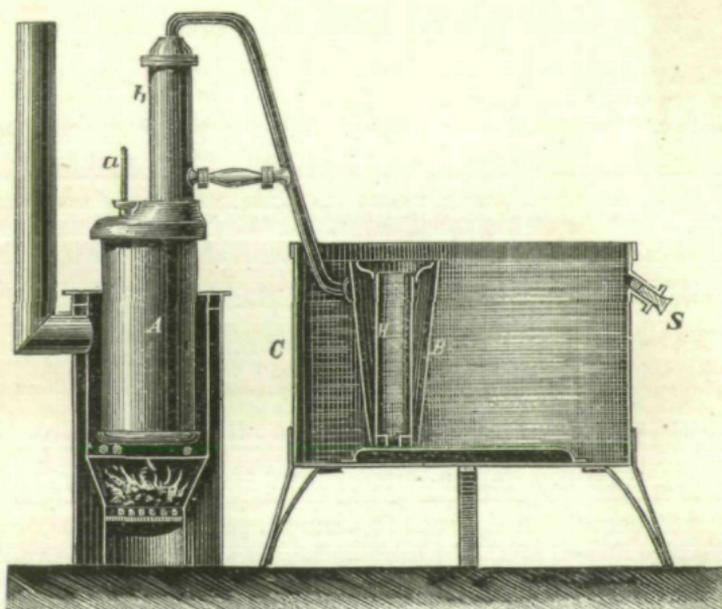
Unter den auf dem Principe der Verdunstung beruhenden Eismaschinen hat die von Carré am meisten Eingang gefunden und sind kleinere für den Hausgebrauch und grössere für continuirliche Eiserzeugung in Anwendung.

In beiden Fällen verwendet man den sogenannten Salmiakgeist, d. h. eine concentrirte Auflösung von Ammoniakgas im Wasser, welches davon um so mehr aufzulösen vermag, je niedriger seine Temperatur ist. So löst z. B. die Gewichtseinheit Wasser von 0 Grad C. 0·88 Gewichtstheile Ammoniakgas, während dieselbe Menge Wasser von 20 Grad C. nur mehr 0·52 Gewichtstheile zu absorbiren vermag, Daraus ergibt sich auch, dass das Ammoniak aus seiner wässerigen Lösung bei gewöhnlichem Luftdruck durch eine verhältnissmässig geringe Erwärmung ausgetrieben werden kann und selbst bei einem Druck von ungefähr acht Atmosphären genügt hiefür eine Temperatur von beiläufig 130 Grad C. Andererseits werden Ammoniakdämpfe, die eine Temperatur von 20 Grad C. besitzen, bei einem Druck von acht Atmosphären schon wieder zu flüssigem Ammoniak condensirt. Diess vorausgeschickt, ist die Wirkung einer Carré'schen Eismaschine leicht verständlich. Der kleinere Apparat ist in Fig. 1 und 2 abgebildet.

Er besteht aus einem starken, luftdicht schliessenden, schmiedeeisernen Kessel *A*, in welchem sich Salmiakgeist befindet. Der Kessel communicirt mittelst der Entbindungsröhre *b* und dem daran angebrachten zweimal gebogenen engen Rohre mit dem Condensationsgefässe *B* und ist möglichst luftleer gemacht. Der Apparat befindet sich zuerst in der Fig. 1 angegebenen Lage, der Kessel *A* über einem Kohlenfeuer, der Condensationsapparat in einem weiten Gefäss *C*, welches mit Kühlwasser gefüllt ist. Der Kessel wird auf die an dem

Thermometer *a* abzulesende Temperatur von 130 Grad C. erwärmt, das ausgetriebene Ammoniakgas tritt mit wenig Wasserdämpfen gemischt durch *b* in das Gefäß *B* über und wird dort in Folge der niederen Temperatur und des im Apparat durch die Spannung der Ammoniakdämpfe hervorgebrachten hohen Druckes zur Flüssigkeit

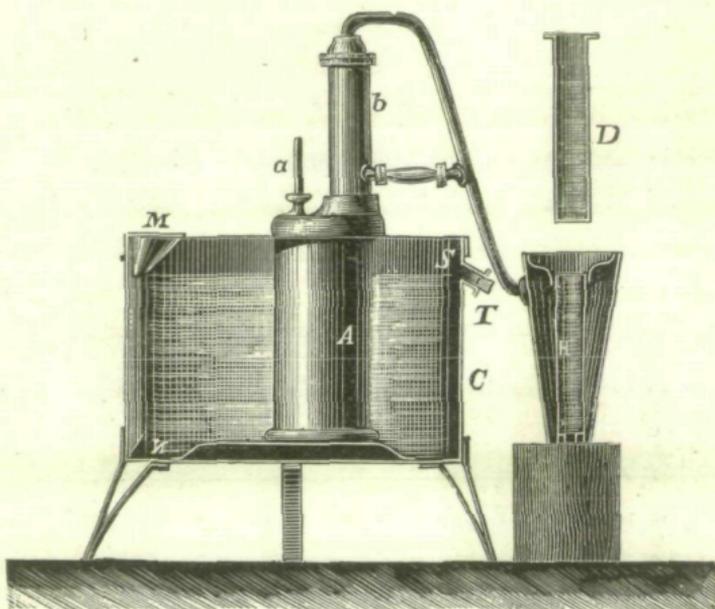
Fig. 1.



condensirt. Bei dieser Condensation wird viel Wärme frei, die aber dem Gefäß *B* durch das Kühlwasser fortwährend entzogen wird. Nach einiger Zeit befindet sich in *A* beinahe nur Wasser, im Gefäß *B* flüssiges Ammoniak. Nun wird der Apparat in die Lage von Fig. 2 gebracht. Der schmiedeeiserne Kessel steht nun in dem

Kühlwasser und wird jetzt rasch abgekühlt, so dass durch das darin befindliche Wasser die Ammoniakdämpfe, mit denen der Apparat erfüllt ist, schnell absorbirt werden und dadurch eine sehr bedeutende Druckverminderung innerhalb desselben hervorgerufen wird. In Folge dieser Druckverminderung beginnt eine sehr leb-

Fig. 2.



hafte Verdunstung des in *B* befindlichen flüssigen Ammoniaks, die mit einer sehr starken Temperaturerniedrigung verknüpft ist. Das Gefäß *B* hat doppelte Wände und im Centrum einen cylindrischen Hohlraum, in welchem ein mit Wasser gefülltes cylindrisches Gefäß *D* aus Eisenblech eingesenkt wird, nachdem vorher, um zwischen *B*

und *D* eine innigere Berührung und Wärmeleitung herzustellen, in den Hohlraum etwas Chlorcalciumlösung eingegossen wurde. Es wird nun dem in *D* befindlichen Wasser so viel Wärme entzogen, dass es gefriert. Die ganze Operation erfordert ungefähr drei Stunden, und zwar anderthalb Stunden für das Anheizen, die übrige Zeit für das Gefrieren. Mit 1 Kilogr. Kohle kann man 3 bis 4 Kilogr. Eis herstellen. Zu Ende der Operation befindet sich der Apparat wieder ganz in der ursprünglichen Verfassung und kann sogleich wieder für eine zweite in Thätigkeit gesetzt werden.

Für den ersten Anblick erscheint es sonderbar, dass man durch Verbrennung von Kohle, also Wärmeentwicklung, eine Temperaturerniedrigung hervorrufen könne. Bei einiger Ueberlegung hebt sich aber dieser scheinbare Widerspruch, indem sich ergibt, dass der Wärmeentzug, der die Temperaturerniedrigung bewirkt, nur durch das Kühlwasser geleistet wird.

Zur Vergasung des Ammoniaks im Kessel *A* braucht man ebenso viel Wärme, als bei der Condensation desselben in *B* zur Erscheinung kommt und dort durch das Kühlwasser aufgenommen wird. Ebenso nimmt beim Umstellen des Apparates das Kühlwasser nicht bloß die dem Material und dem Wasser des Kessels mitgetheilte Wärme auf, sondern auch jene, welche bei der Absorption des Ammoniakgases durch das Wasser frei wird.

Das bei dem Process verwendete Brennmaterial ermöglicht aber, dass der durch das Kühlwasser geleistete Wärmeentzug für die Hervorbringung von Temperaturen,

die unter Null liegen, ausgenützt werden kann. Aus diesen Betrachtungen geht nun auch hervor, dass der Apparat um so ökonomischer functionirt, von je niederer Temperatur das Kühlwasser zu beschaffen ist.

Die Maschine zur continuirlichen Eisfabrication, welche in Fig. 3 dargestellt ist, beruht auf demselben Princip, wie jene für den Hausgebrauch; da jedoch bei der ersteren der Kessel continuirlich erhitzt wird, muss die Rückbildung des Salmiakgeistes ausserhalb des Kessels verlegt werden, wir wollen diesen Theil des Apparates den Regenerator nennen, *U* in Fig. 3. Ebenso sind auch die Functionen des Bestandtheiles *B* beim kleinen Apparat, beim grossen getrennt, und zwar wird hier die Kühlung und Condensation der entwickelten Ammoniakdämpfe durch die Kühlschlange *K* besorgt, während im Bestandtheile *Q* die Verdunstung des flüssigen Ammoniaks und daher in diesem die Kälteerzeugung stattfindet, wesshalb er den Namen Refrigerator führt.

Die vier Hauptbestandtheile der grossen Maschine sind daher:

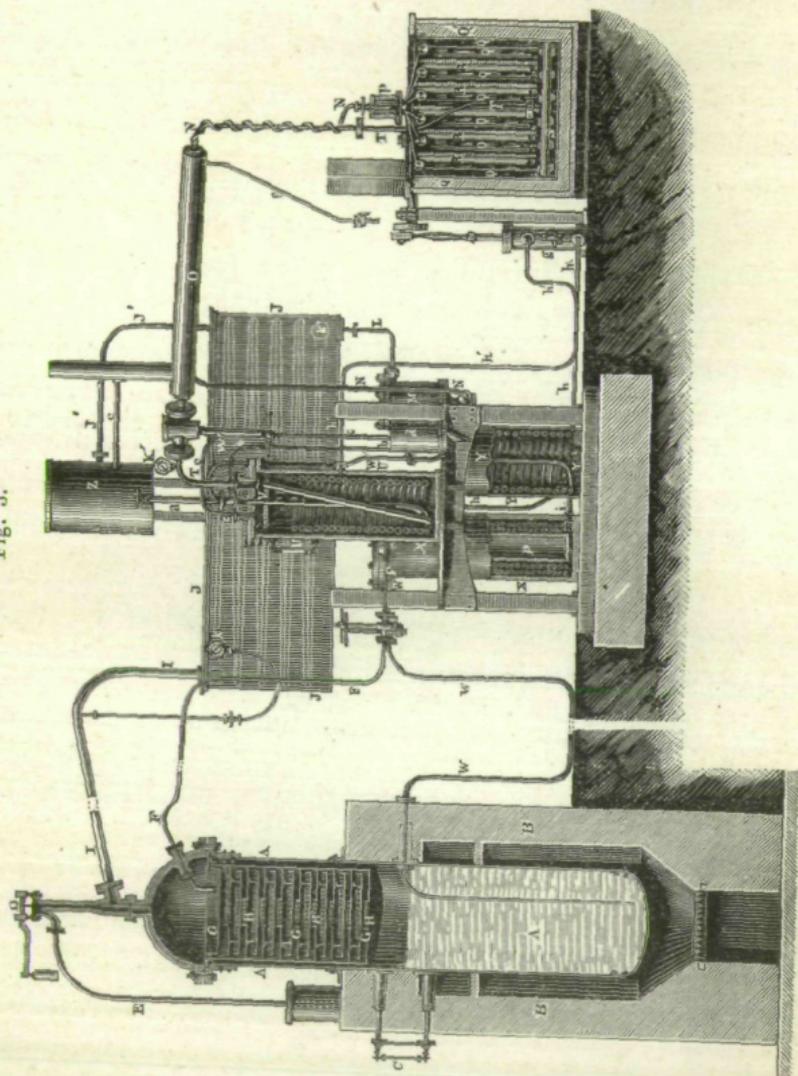
1. Der Kessel *A*; 2. der Regenerator *U*; 3. der Kühler und Condensator *K*; 4. der Refrigerator *Q*.

Der Weg, den Gase und Flüssigkeiten, abgesehen von jenem des Kühlwassers, nehmen, ist ein dreifacher:

- a) Circulation des gasförmigen und verflüssigten Ammoniaks.

- b) Der Weg für die erschöpfte Flüssigkeit des Kessels bis zu ihrer Regenerirung.

Fig. 3.



c) Rücklauf des regenerirten Salmiakgeistes in den Kessel.

Alle drei Wege treffen im Regenerator *U* zusammen, der daher als Mittelpunkt des ganzen Apparates angesehen werden kann und auch in der Zeichnung diese Stelle einnimmt.

Der Process der Erzeugung gestaltet sich, abgesehen von weniger wesentlichen Details, folgendermaassen:

In dem Kessel *A*, der über einer Feuerung angebracht ist, wird das Ammoniakgas durch Erhitzen ausgetrieben, mittelst der durchlöcherten Schalen *G' H*, welche wie ein Rectificator bei der Spiritusdestillation wirken, von Wasserdämpfen möglichst vollständig befreit, und indem es durch das Rohr *II* in die Kühlschlange *KK'* geführt wird, in Folge der Abkühlung und des dort vom Kessel aus wirkenden Druckes zur Flüssigkeit condensirt. Von hier fliesst es durch das Rohr *L* nach dem Regulator *M* und tritt aus diesem in das Rohr *N*. Dieses Rohr geht durch die Hülse *O*, in welcher Kühlwasser circulirt, hindurch und führt das Ammoniak nach dem Vertheiler *P*, der den Zweck hat, das flüssige Ammoniak in die sechs Schlangensysteme *Q* des Refrigerators zu vertheilen. In diesem herrscht in Folge der in dem Regenerator *U* continuirlich stattfindenden Absorption der Ammoniakdämpfe ein sehr niederer Druck. Deshalb beginnt in dem Refrigerator eine sehr lebhafte Verdunstung des flüssigen Ammoniaks und eine Erzeugung von Kälte, welche auf die zwischen den Schlangentröhen *Q* befindliche Chlorcalciumlösung und die in letztere eingesenkten

Gefriergefäße *R* übertragen wird. Das verdunstete Ammoniakgas, vom Regenerator *U* aus angesaugt, zieht in die Röhre *S*, in welche alle sechs Schlangentröhen einmünden, und von da in das aufsteigende Rohr *T*, welches durch die Hülse *O* hindurch vom Rohr *N* umwickelt und vom Wasser umspült, bis auf den Boden des Regenerators *U* reicht. Die hier eingeführten Ammoniakdämpfe treffen innerhalb des Regenerators mit der erschöpften und abgekühlten Flüssigkeit aus dem Kessel zusammen und werden von dieser absorbiert. Die erschöpfte Flüssigkeit des Kessels fliesst in Folge des in *A* herrschenden Druckes in einem continuirlichen, durch einen am Rohre *W* angebrachten Hahn regulirten, Strome in dem Rohr *W* nach dem Kühleylinder *X* und geht durch die äussere Kühlschlange desselben von oben nach unten. Von hier gelangt sie am Boden in die Kühlschlange des Cylinders *Y* und fliesst durch das Rohr *W'* nach dem Regenerator, wo es oben eintretend auf die durchlöchernte Schale *V* auffällt und dadurch in feinen Regen verwandelt, den am Boden des Regenerators einströmenden Ammoniakdämpfen entgegengeführt wird.

Der hier regenerirte Salmiakgeist macht nun folgenden Weg in den Kessel *A* zurück: Mittelst des am Boden des Regenerators einmündenden Rohres *h* wird er durch die Dampfmaschine *g* abgesaugt und in eine Röhre getrieben, die in einer Ebene hinter dem Rohre *h* liegt und daher in der Zeichnung nur bei *i* zwischen den beiden Cylindern *X* und *Y* sichtbar wird. Am Boden des Cylinders *X* in dessen innere Kühlschlange eingeführt,

strömt der Salmiakgeist von unten nach oben und gelangt durch das Rohr *F* wieder auf die Schalen des Kessels *A*.

Das Kühlwasser, welches auch hier wieder die Function der Wärmeentziehung zu leisten hat, wird dem Gefässe *Z* entnommen, dessen Rohr *J' J'* den grossen Kühlkasten *J J* speist, während das Rohr *a* das Wasser für die Kühlschlange des Regenerators *U* liefert, von wo es durch das Rohr *b* nach dem Cylinder *Y* und endlich nach dem Cylinder *X* strömt. Auch das in Eis zu verwandelnde Wasser fliesst aus dem Gefässe *Z* durch die Röhre *e* in die Hülse *O*, umzieht in demselben das Rohr *T* und tauscht mit den in *T* circulirenden kalten Ammoniakdämpfen seine Temperatur aus und wird dann, schon stark abgekühlt, durch die bewegliche Röhre *f* in die einzelnen Gefrierzellen eingeführt.

Solche *Carré'sche* Eismaschinen produciren je nach ihrer Grösse pro Stunde 25 bis 500 Kilogr. Eis, und man erhält für 1 Kilogr. Kohle 6 bis 16 Kilogr. Eis. In Wien wurde von *Pokorny* mit einer solchen Maschine Eis für den Verkauf producirt, wobei in einer Stunde 5 Centner Eis bei einem Verbrauch von $\frac{1}{2}$ Centner Kohle erhalten wurden und die Kosten pro Centner sich auf 35 Kreuzer ö. W. stellten.

Die bis jetzt besprochenen Verwendungen des Wassers sowie die durch dasselbe auf der Erdoberfläche hervorgerufenen Veränderungen geben noch lange kein erschöpfendes Bild seiner Bedeutung. Wenn wir uns nun noch überlegen, dass das pflanzliche und thierische

Leben ohne Wasser überhaupt nicht denkbar ist, braucht der zu Anfang dieser Vorlesung hingestellte Satz keiner weiteren Begründung, denn das Wasser ist die Grundlage für allen Stoffwechsel, der auf unserer Erde stattfindet.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1879

Band/Volume: [19](#)

Autor(en)/Author(s): Oser Johann

Artikel/Article: [Ueber das Wasser in chemischer Beziehung. 209-244](#)