

Auszug aus:

Die Eis- und Kühlmaschinen und deren Anwendung in der Industrie

Author: Alois Schwarz, Verlag R. Oldenbourg 1888

VII. Die Vacuum-Eismaschinen.

Die Vacuum-Eis- und Kühlmaschinen sind als Absorptionsmaschinen anzusehen, bei welchen als verdampfende Flüssigkeit gewöhnliches Wasser und als absorbierendes Medium konzentrierte Schwefelsäure verwendet ist. Ihr Prinzip beruht auf dem bereits erwähnten physikalischen Versuche von Nairne, welcher Wasser unter der Luftpumpe dadurch rasch zum Gefrieren brachte, daß er die entstehenden Dünste von konzentrierter Schwefelsäure absorbieren ließ. Dieser Versuch wurde schon im Jahre 1810 durch Leslie, allerdings ohne praktischen Erfolg, in einem Eisapparate verwertet. Später nahm Vallance (1824) ein Patent auf eine Maschine, in welcher ein Strom trockener Luft von sehr niedriger Spannung über eine ausgedehnte Wasserfläche streicht, sich mit dem verdunstenden Wasser beladet und dieses sodann an Schwefelsäure abgibt, um dadurch getrocknet aufs neue Verdunstung und Abkühlung des Wassers zu veranlassen. Dasselbe Prinzip führte Vallance 1826 an einer zweiten Maschine in vervollkommneter Weise durch, ohne daß diese Maschinen thatsächlich in Verwendung gebracht wurden.

Carrés Vacuum-Eismaschine.

Erst 1867 trat das Prinzip der Vacuum-Eismaschinen in praktischer Anwendung auf, indem Carré jun. auf der Pariser Ausstellung einen Apparat vorführte, welcher zur Herstellung der Eiswasserflaschen (*carafes frappées*) diente. Dieser Apparat beruht darauf, daß aus starkwandigen Flaschen die Luft durch Auspumpen entfernt wird, wodurch ein Vacuum entsteht, welches ein rasches Verdunsten des Wassers und ein Gefrieren des zurückbleibenden Teiles veranlaßt. Die Verdunstung wird dadurch be-

schleunigt, daß die entstandenen Wasserdämpfe von Schwefelsäure absorbiert werden. Fig. 60 zeigt die Abbildung eines derartigen Apparates; derselbe besteht aus einem Kessel *S*, der aus einer Legierung von Blei mit einigen Prozenten Antimon angefertigt ist. Dieser Kessel hat oben ein Trichterrohr, durch welches man Schwefelsäure in den Kessel gießt, und am Boden ein zweites Rohr, durch welches die in dem Kessel enthaltene Flüssigkeit (die verdünnte Schwefelsäure) abgelassen werden kann. Auf diesem Gefäße ist eine gewöhnliche Luftpumpe *A* befestigt, durch welche aus der Flasche und dem die Schwefelsäure enthaltenden Kessel die Luft ausgepumpt wird. Ein zweiter Cylinder, welcher ebenfalls auf dem Schwefelsäuregefäße sitzt, enthält eine Stange, mittels welcher ein Rührwerk in Bewegung gesetzt wird, welches die Schwefelsäure in dem Gefäße durchrührt.

Die Funktion dieses Apparates ist nun die folgende: Man beschickt das Gefäß *S* mit Schwefelsäure, setzt die Flasche mittels eines Kautschukstöpsels luftdicht an das Rohr und pumpt rasch die Luft aus dem Apparate. Das Wasser in der Flasche beginnt binnen einigen Sekunden zu sieden, und kocht einige Sekunden lang fort. Das Pumpen wird



Fig. 60.

auch nach dem Aufhören des Siedens fortgesetzt, und werden die Wasserdämpfe, welche unausgesetzt aus der Flasche nach dem Schwefelsäuregefäße strömen, augenblicklich von der Schwefelsäure absorbiert, so daß auf diese Weise immer eine mögliche Verdünnung der Luft vorhanden ist.

Nachdem man etwa 50 bis 60 Sekunden gepumpt hat, zeigen sich in der Flasche die ersten Einnadeln, und bildet sich dann in sehr kurzer Zeit eine Eiskruste; schließlicly kommt der ganze Inhalt der Flasche zum Frieren.

An Stelle der Schwefelsäure können überhaupt solche Substanzen zur Beschickung des Gefäßes *S* gewählt werden, welche

Wasserdämpfe kräftig zu absorbieren vermögen, und lassen sich hierfür beispielsweise auch Ätzkali, geschmolzenes Chlorcalcium etc. anwenden. Es sei aber bemerkt, daß die Schwefelsäure in ausgezeichneter Weise ihrem Zweck entspricht und auch die anderen Substanzen — das geschmolzene Chlorcalcium vielleicht ausgenommen — an billigem Preise übertrifft.

Es ist sehr zweckmässig, der Flasche eine solche Form zu geben, daß die Oberfläche des zum Frieren zu bringenden Wassers in derselben eine möglichst grosse ist, indem es bei einer grossen Oberfläche des Wassers einer verhältnismässig kurzen Zeit bedarf, um eine grössere Menge von Wasser in Eis zu verwandeln. Im Durchschnitt kann man annehmen, daß bei Anwendung von Wasser, dessen Temperatur 8 bis 10 Grad beträgt, der Inhalt einer Literflasche beiläufig in 3 bis 4 Minuten vollkommen erstarrt ist. Wenn man einen Eisschrank zur Verfügung hat und das zu frierende Wasser vorher in dem Schranke kühlt, so kann die zum Frieren erforderliche Zeit noch abgekürzt werden. Die Flaschen mit fertigem Eise werden in dem Eisschranke aufbewahrt und wird beim Gebrauche auf das Eis gewöhnliches Brunnenwasser gegossen.

Sobald man die Wahrnehmung macht, daß die Zeit, welche erforderlich ist, um den Inhalt einer Flasche zum Frieren zu bringen, eine merklich längere wird, so ist dies ein Zeichen dafür, daß die Schwefelsäure in dem Gefässe schon so viele Wasserdämpfe absorbiert hat, daß nur mehr wenig davon aufgenommen werden kann. Man muß in diesem Falle die in dem Gefässe enthaltene Schwefelsäure entfernen und durch frische, starke Säure ersetzen. Die schon einmal gebrauchte Schwefelsäure unterscheidet sich in nichts von der gewöhnlichen Schwefelsäure, als daß sie eine etwas grössere Wassermenge enthält, und kann dieselbe daher zu allen Zwecken verwendet werden, zu welchen Schwefelsäure überhaupt angewendet wird, mit Ausnahme der Absorption von Wasserdämpfen. Man kann übrigens beiläufig 10 l Wasser zum vollständigen Frieren bringen und nimmt hierbei die Schwefelsäure nicht einmal ganz 200 g Wasser auf. Es ist nämlich zu berücksichtigen, daß ein grosser Teil der Wasserdämpfe durch die unausgesetzte Thätigkeit der Luftpumpe fortgeschafft wird, ohne daß derselbe von der Schwefelsäure absorbiert wird.

Bei den nach vorstehendem Principe konstruierten Maschinen muß man ganz besondere Sorgfalt darauf verwenden, daß die Hähne absolut dicht schliessen, und muß auch die Luftpumpe sehr genau gearbeitet sein. Ist letztere gut geölt, so bedarf es keiner bedeutenden Kraft, um den Apparat fortwährend in Gang zu erhalten, und ist z. B. ein einziger Arbeiter ausreichend, um im Laufe eines Tages so viele Eisflaschen zu produzieren, als in einem größeren Café gebraucht werden. Wenn man die Einrichtung trifft, daß an dem Rohre, an welchem die Luftpumpe arbeitet, zwei Flaschen angefügt werden können, so ist man im Stande, in zwei Flaschen auf einmal Eis zu erzeugen. In diesem Falle müssen aber sowohl das Gefäß, in welchem die Wasserdämpfe durch Schwefelsäure absorbiert werden, als auch die Luftpumpe entsprechend größer angefertigt werden.

Windhausens Vacuum-Eismaschine.

Das gleiche Prinzip der Kälteerzeugung durch Verdampfen des Wassers im Vacuum hat Windhausen bei der Konstruktion seiner Vacuum-Eismaschine benutzt, jedoch dieselbe durch Vorrichtungen vervollkommenet, welche es ermöglichen, die zur Absorption des Wassers bereits verwendete und daher verdünnte Schwefelsäure wieder zu konzentrieren und dadurch zum weiteren Betriebe verwendbar zu machen. Die ersten nach diesem Principe gebauten Maschinen, deren Vertrieb durch den »Internationalen Vacuum-Eismaschinenverein in Berlin« erfolgte, waren ausschließlich für die Erzeugung von Blockeis eingerichtet; trotzdem diese Konstruktion durch inzwischen erfolgte Verbesserungen bereits verdrängt und wenig mehr verwendet ist, soll deren Beschreibung der Vollständigkeit wegen hier Platz finden. Der Vorgang der Eisbereitung in dieser Maschine ist folgender: In einem luftdicht verschlossenen Raume wird mittels einer Luftpumpe ein möglichst hohes Vacuum (1 bis 2 mm Barometerstand) erzeugt, und in diesen fast luftleeren Raum läßt man Wasser einfließen. Hierbei verdunstet $\frac{1}{2}$ des einfließenden Wassers und entzieht den übrigen $\frac{2}{3}$ die zum Verdunsten notwendige Wärme, welcher Rest infolge dessen gefriert. Die entstandenen Wasserdämpfe werden mit Hilfe der Luftpumpe abgesaugt und, um sie vollständig zu entfernen, durch konzentrierte Schwefelsäure, welche in einem eigenen Gefäße sich befindet, begierig absorbiert. Durch die Aufnahme

dieses Wassers wird selbstverständlich die Schwefelsäure verdünnt und verliert nach einiger Zeit die Fähigkeit, Wasserdünste rasch zu absorbieren, weshalb sie wieder konzentriert, d. h. von dem

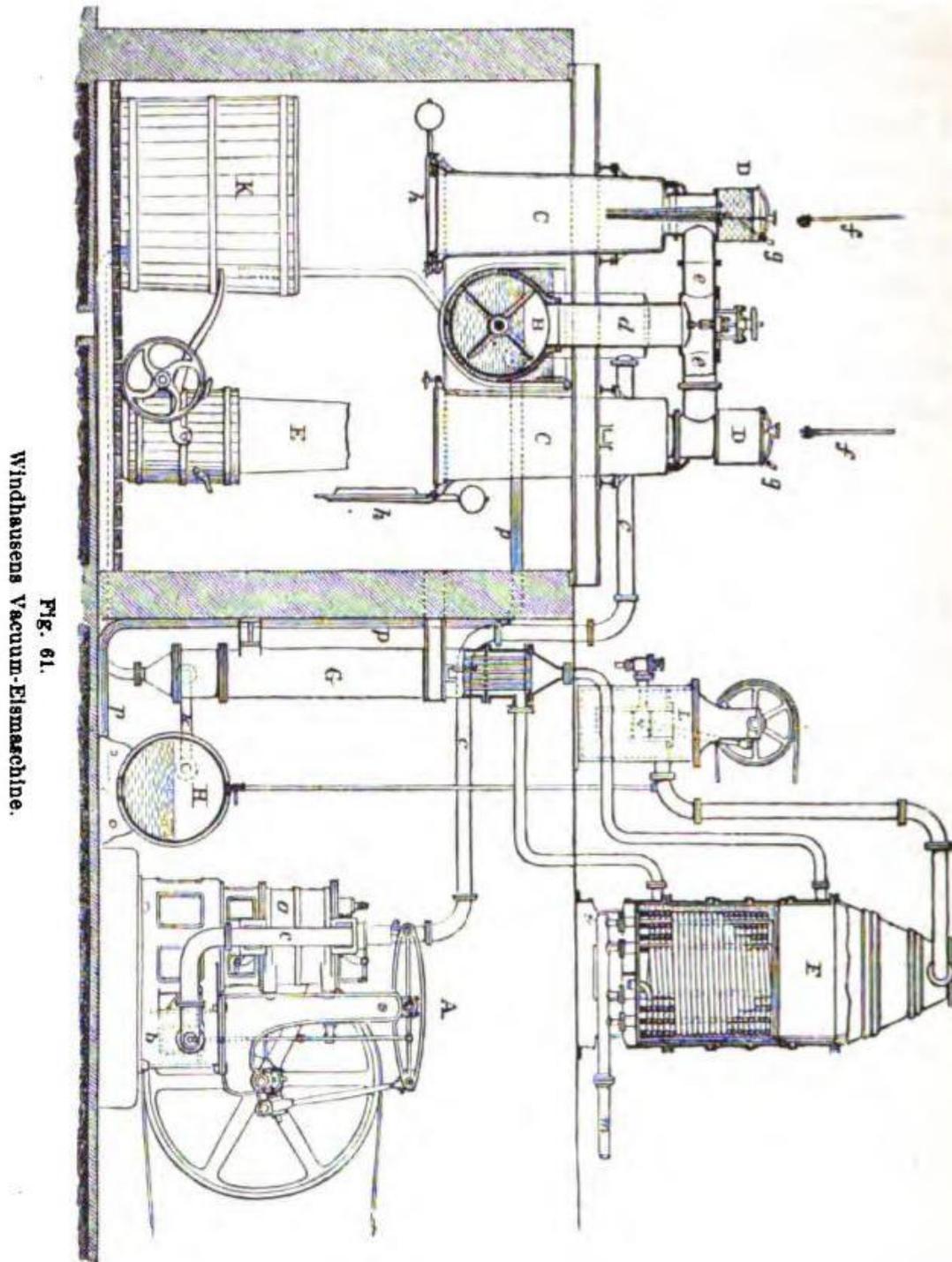


Fig. 61.
Windhausens Vacuum-Eismaschine.

aufgenommenen Wasser befreit werden muss. Dies geschieht in einem eigenen, der Maschine beigegebenen Konzentrator und zwar nicht durch besondere Heizvorrichtungen, sondern direkt durch den zum Betrieb der Maschine verwendeten Dampf; bei dieser

Konzentration wird nur das Wasser der Schwefelsäure entfernt, und geht deshalb von diesem, übrigens sehr billigen Materiale absolut nichts verloren. Die Einrichtung der Maschine und ihrer Nebenapparate ist aus beigegebener Abbildung Fig. 61 zu entnehmen. Der wesentlichste Bestandteil ist die Vacuum-Luftpumpe *A*, bestehend aus zwei Pumpencylindern von 0,8 m und 0,22 m Durchmesser, die pro Minute 55 bis 60 Hübe machen; ferner den Gefrierzylindern *C*, von welchen 6 oder 8 vorhanden sind, deren auf der Unterseite befindliche Deckel durch Schrauben befestigt und durch Kautschukringe und Wasser luftdicht abgeschlossen sind; sie stehen zu beiden Seiten des Absorbers *B*, eines horizontalen Eisencylinders, in welchem ein Rührwerk mittels einer Stopfbüchse luftdicht rotiert. Oberhalb der Gefrierzylinder sind die Wassereinlaufgefäße *D* angebracht, würfelförmige Blechkästen, aus denen die Eislaufrohre in die Gefrierzylinder münden, und bei welchen der Wassereinlauf durch bestimmte Stellungen der Hähne *g* genau reguliert wird. Die Einlaufrohre selbst haben eine höchst sinnreiche Vorrichtung, um das Zufrieren derselben zu verhindern; sie haben nämlich eine doppelte Wandung, und wird das beim Einlaufen abgekühlte Wasser durch Wasser von gewöhnlicher Temperatur umspült und so das Gefrieren während des Einlaufens unmöglich gemacht. Die zur Konzentration der Säure dienenden Vorrichtungen bestehen aus dem Konzentrator *F*, dem sog. Austauschapparat *G*, der eine vollständige Ausnutzung der Wärme gestattet, dem geschlossenen Reservoir *H* für verdünnte und dem offenen Reservoir *K* für konzentrierte Säure. Außerdem ist noch ein Reservoir für das zur Eisbildung erforderliche Wasser vorhanden. Sämtliche Gefäße und Teile der Maschine stehen in luftdichter Verbindung miteinander, und ist bei vorhandenem Vacuum zum Übersteigen der Schwefelsäure aus einem Gefäße in das andere keine besondere Pumpvorrichtung notwendig, da sie durch das Vacuum aufgesaugt wird.

Der Betrieb bei der Eisbereitung ist der folgende: Nachdem der Gefrierzylinder sowie die übrigen Teile des Apparates luftdicht verschlossen sind, beginnt das Evacuieren mit Hilfe der Luftpumpe. Diese wirkt in der Weise, daß zuerst mittelst des großen Kolbens die Luft aus dem Gefriertraume abgesaugt und an die kleine Pumpe abgegeben wird, welche die Luft erst in die Atmosphäre befördert; auf diese Weise ist es möglich,

das Evacuieren auf 2 bis 3 mm mit verhältnismäßig geringem Kraftaufwande in der kurzen Zeit von 40 Minuten zu beenden. Vor Beginn des Evacuierens wird in den Absorber die erforderliche Menge von konzentrierter Schwefelsäure von 60° Baumé (ca. 2600 l) aus dem Reservoir aufgesaugt, so daß der Absorber bis $\frac{3}{4}$ seines Volumens gefüllt erscheint. Die zum Betriebe dienende Dampfmaschine erfordert für das erste Evacuieren eine Stärke von höchstens 6 Pferdekraften, während der Gefrierperiode selbst bloß 2 bis 2,5 Pferdekraften, und dient dieselbe zur Bewegung der Luftpumpe, ferner des Rührwerkes im Absorber und der zum Evacuieren des Konzentrators dienenden Kondensationspumpe, ferner zum Heben des gesamten Wassers; überdies wird der Dampf vorher zum Konzentrieren der Säure verwendet, wie dies weiter unten ausgeführt werden soll.

Ist das Vacuum von 1 bis 2 mm hergestellt, so beginnt der Wassereinlauf für die erste Charge, und zwar werden in jeden Cylinder 360 l (30 Minuten à 6 l und 45 Minuten à 4 l) einlaufen gelassen. Während des Wassereinlaufes darf das Vacuum nicht über 3 bis 4 mm steigen, weshalb man zweckmäßig den Wassereinlauf zweimal durch 5 Minuten sistiert. Von dem eingelaufenen Wasser verdunstet $\frac{1}{6}$, also 60 l aus jedem Cylinder, und wird von dem Absorber aufgenommen, während je 300 l gefrieren. Nach beendetem Wassereinlauf ist auch die Eisbildung erfolgt, es wird der Absorber durch Hähne von den Gefrierzylindern abgesperrt, um daselbst das Vacuum zu erhalten, die unteren Deckel der Cylinder werden durch Lüften der Schrauben geöffnet, durch ein kleines Luftventil etwas Luft einströmen gelassen, und die gebildeten Eisblöcke, die 1,5 m Höhe und 80 cm Durchmesser besitzen, stürzen vermöge ihrer Schwere in die bereit gestellten Holzkübel, welche in der bei *E* dargestellten Weise sofort weggeführt werden.

Die Cylinder werden sogleich wieder luftdicht verschlossen, die Verbindung mit dem Absorber wird hergestellt und sodann von neuem evacuirt, was wieder 40 Minuten in Anspruch nimmt. Es erfolgt nun der Wassereinlauf für die zweite Charge, wieder 360 l per Cylinder, und zwar durch 30 Minuten je 4 l und durch 80 Minuten je 3 l mit zweimaligem Abstellen des Wassereinlaufes in der Dauer von 5 bis 10 Minuten; nach beendetem Wassereinlauf erfolgt die Entleerung der Gefrierzylinder in gleicher Weise wie

bei der ersten Charge. In ähnlicher Weise wird auch eine dritte Charge ausgeführt, bei welcher jedoch der Wassereinlauf und das Gefrieren 150 Minuten erfordern, und zwar 5 Minuten à 4 l, 30 Minuten à 3 l und 100 Minuten à $2\frac{1}{2}$ l nebst 15 Minuten Abstellen. Die Schwefelsäure, welche nach der ersten Charge von 60° auf $56\frac{3}{4}^\circ$ Baumé, bei der zweiten auf $53\frac{3}{4}^\circ$ Bé. verdünnt war, hat nach der dritten Charge blofs 52° Bé., woraus sich die etwas längere Dauer der Eisbildung erklärt. Nach Verlauf von drei Chargen kann die auf 52° Bé. verdünnte Säure keine hinreichend rasche Absorption der Wasserdünste mehr bewirken und muß daher durch neue Säure von 60° Bé. ersetzt werden, welche während des Zeitraumes von $7\frac{1}{2}$ bis 8 Stunden, welchen die drei Chargen in Anspruch nahmen, konzentriert wurde.

Der Vorgang der Konzentration der verdünnten Schwefelsäure ist besonders wichtig und interessant, und soll darauf speziell eingegangen werden. Die nach Verlauf von 3 Chargen auf 51 bis 52° Bé. verdünnte Säure, welche dabei ihr Volumen von 2600 l auf 3680 l vergrößerte und auf das ursprüngliche Volumen konzentriert werden muß, wird vorerst in das Reservoir *H* abgelassen und von da in den luftleeren Konzentrator *F* aufgesaugt, passiert hierbei den sog. Austauschapparat *G*, einen hohen Cylinder mit einem System senkrechter Röhren, durch welche die heiße, bereits konzentrierte Säure nach abwärts fließt, während die kalte, verdünnte Säure im Cylinder nach aufwärts gezogen wird, die heißen Röhren umspült und so schon vorgewärmt in den Konzentrator gelangt. Der Konzentrator selbst besteht aus einem eisernen, mit Bleiplatten ausgekleideten Cylinder, in welchem vier Bleischlangen mit einer Gesamtoberfläche von 18 qm enthalten sind. Durch diese Schlangen wird der im Kessel erzeugte Dampf von $3\frac{1}{2}$ Atmosphären Spannung geleitet, bevor er der Betriebsmaschine zugeführt wird, wobei er etwa $\frac{1}{4}$ Atmosphäre an Spannung verliert. Hierdurch wird die verdünnte Schwefelsäure erhitzt, gibt ihren Wassergehalt ab, die entweichenden Wasserdämpfe werden durch die Kondensationspumpe *L* aufgesaugt und durch Einspritzen von kaltem Wasser kondensiert, so daß der Konzentrator stets evacuiert bleibt, und infolge dessen die verdünnte Säure ihren Wassergehalt bei möglichst niedriger Temperatur abgibt. Die konzentrierte Säure sammelt sich vermöge ihrer größeren Dichte im unteren Teile des Konzentrators

und fließt durch den Austauschapparat in den Sammelbehälter *K* ab, während die verdünnte Säure in gleichem Maße aufgesaugt und konzentriert wird. Die Konzentration des ganzen Quantum der verdünnten Säure erfolgt, wie schon erwähnt, während des Zeitraumes von drei Chargen, d. i. in ca. 8 Stunden. Da bei Anwendung der Bleischlangensysteme im Laufe der Zeit Betriebsstörungen durch Platzen der Röhren vorkamen, wurde ein neuer Konzentrator konstruiert, der bei dem verbesserten Systeme der Vacuum-Kühlmaschine beschrieben wird.

In dieser Weise geht der Betrieb der Eismaschine regelmäßig vor sich, und können während 24 Stunden acht Chargen durchgeführt werden.

Den gesteigerten Ansprüchen, welche in den letzten Jahren an die Kälteerzeugungsmaschinen gestellt wurden, konnte diese Form der Vacuum-Eismaschine nicht genügen, und wurde dieselbe daher in eine Vacuum-Kühlmaschine umgewandelt, welche nicht nur direkt zur Eiszeugung, sondern, wie die übrigen neueren Systeme von Eismaschinen, für alle Zwecke der Kälteerzeugung, also auch zur Kühlung von Süßwasser und Salzlösung verwendbar sein sollte. Der Erfinder der Vacuum-Eismaschine liefs sich eine solche in ihrer Wirkung vervollkommnete Vacuum-Kühlmaschine, welche auf dem gleichen Prinzipie beruht, patentieren.

Windhausens Vacuum-Kühlmaschine.

Die neue Windhausen'sche Kühlmaschine, welche in beistehender Abbildung Fig. 62 in ihrer Gesamtordnung dargestellt ist, besteht aus folgenden Hauptteilen: 1. dem Abkühlbehälter *A* zur Abkühlung von Salz- oder Chlorcalciumlösung (Salzwasserkühler); 2. den Vorrichtungen zur Erzeugung des geschlossenen Kreislaufes der gekühlten Lösung und zur Übertragung der Kälte auf Wasser oder andere Flüssigkeiten, sowie zur Abkühlung von Räumen, insbesondere bei Gär- und Lagerkellern, sowie endlich zur Herstellung von Eis auf indirektem Wege; 3. den Maschinen und Apparaten zur Herstellung und Unterhaltung eines tiefen Vacuums, als: der Luftpumpe und den Dampf absorbierenden Vorrichtungen (Absorber *B* mit Zubehör).

A bezeichnet in der Zeichnung einen cylindrischen, hermetisch geschlossenen Behälter (Salzwasserkühler), welcher circa bis zur

Hälfte mit Chlorcalcium- oder Salzwasserlösung gefüllt ist. Dieser Behälter *A* steht durch ein weites Rohr *C* mit einem ähnlichen

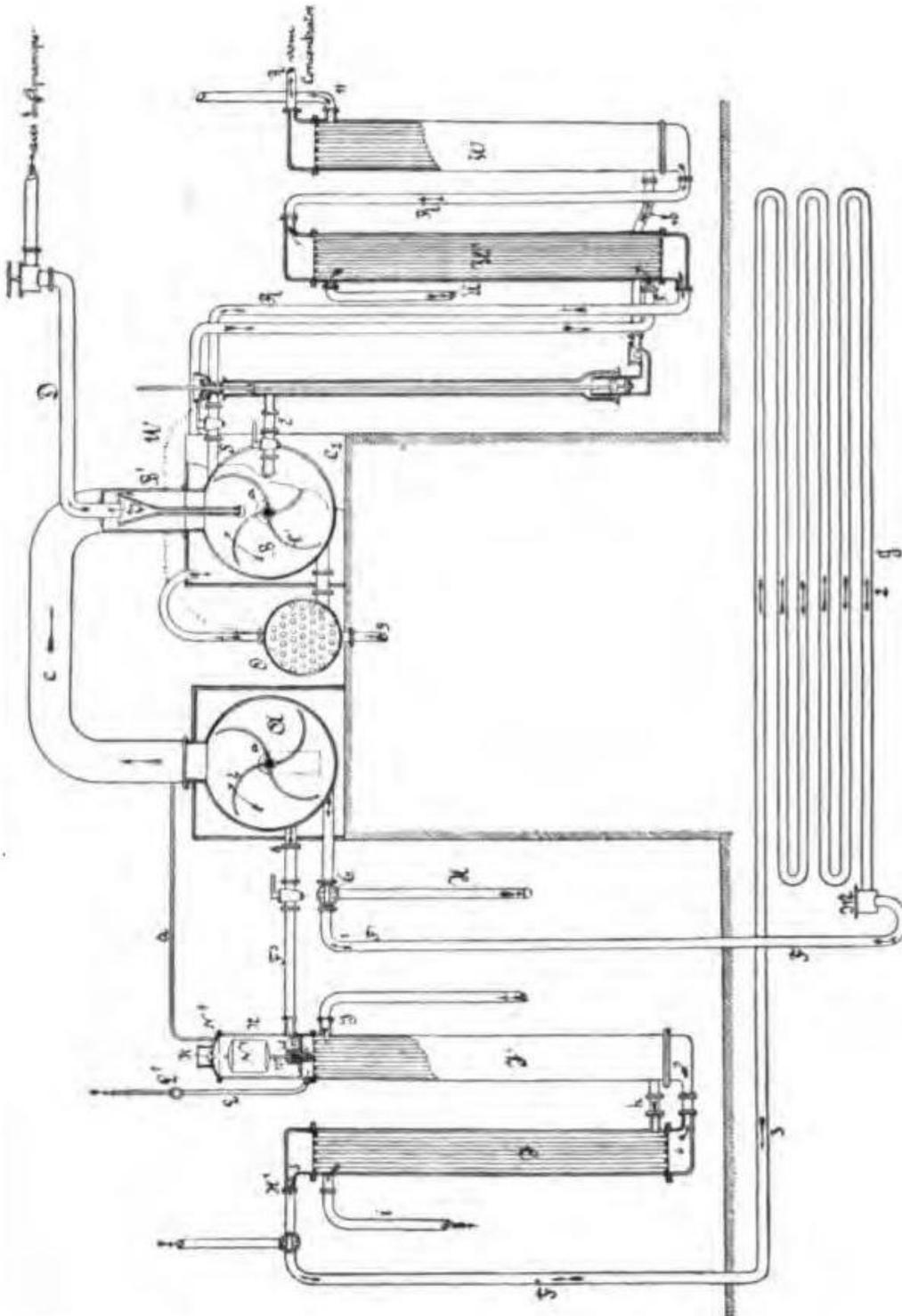


Fig. 62.

cylindrischen Behälter *B* (Absorber) in Verbindung. Der Absorber *B* wird durch nachstehend beschriebene Einrichtung bis circa zur Hälfte mit Schwefelsäure von 50 bis 60° Bé. gefüllt erhalten, und

hat letztere den bekannten Zweck, die aus dem Salzkühler *A* durch das Rohr *C* zuströmenden Dämpfe zu absorbieren, bzw. zu kondensieren.

Um die Verdampfung der Salzlösung bei tiefer Temperatur und entsprechend tiefem Vacuum zu ermöglichen, steht der Absorber *B* durch die Rohrleitung *D* mit einer exakt wirkenden Luftpumpe, deren Einrichtung bereits beschrieben wurde, in Verbindung. Diese Luftpumpe ist imstande, ein fast absolutes Vacuum in dem Salzkühler *A* und Absorber *B* zu erzeugen und zu unterhalten. Infolge dessen wird die Salzlösung durch teilweises Verdampfen bis tief unter 0° abgekühlt. Um diese Abkühlung der Salzlösung zu beschleunigen und eine innige Mischung der Salzlösung zu bewirken, ist in dem Salzkühler ein rotierender Rührapparat *E* angebracht. Derselbe besteht aus einer central in dem Salzkühler gelagerten und durch eine dichtschiessende Stopfbüchse nach aufsen hervorragenden Welle, welche im Innern eine große Anzahl radialer Schaufeln hat. Bei Drehung der Welle wird die Salzlösung stark bewegt und dadurch eine vollkommene Mischung der Salzlösung bewirkt, sowie die Verdampfung derselben beschleunigt.

Die Kühlrohrleitung steht einerseits bei *F*¹ mit dem Kühlrohrnetz *G*, anderseits durch das Zweigrohr *H* mit einer Salzwasserpumpe in Verbindung. Diese hat die Bestimmung, die Salzlösung aus dem Salzwasserkühler anzusaugen und eventuell in ein Bassin auszuwerfen, in welchem auf gewöhnliche Weise durch Einhängen von mit Wasser gefüllten Blechzellen Eis hergestellt werden kann. Durch einen Dreiweghahn *b* kann ersichtlicherweise die Kommunikation mit der Salzwasserpumpe oder dem Kühlrohrnetz hergestellt werden.

Nachdem die Salzlösung im Kühlrohrnetz oder Gefrierbassin die Kälte ganz oder teilweise abgegeben, bzw. der in dem zu kühlenden Raum oder der zu kühlenden Flüssigkeit die Wärme entzogen hat, strömt dieselbe entweder direkt oder, die Süßwasserkühler *J* und *J*¹ passierend, durch die Rohrleitung *F*² und *F*³ in den Salzkühler *A* nach den Pfeilrichtungen 1, 2, 3 und 4 in geschlossenem Kreislauf zurück.

Die Süßwasserkühler *J* und *J*¹ haben den Zweck, Wasser oder eventuell auch andere Flüssigkeiten durch die zurückströmende Salzlösung nach dem Gegenstromprinzip abzukühlen,

da diese Salzlösung noch Wärme binden kann. Zu dem Ende bestehen die beiden Körper J und J^1 aus cylindrischen, mit Röhren durchzogenen Behältern, die ober- oder unterhalb der Rohrwände durch aufgeschraubte Deckel Kammern haben, durch welche die Salzlösung nach den Richtungen 5, 6 und 7 die Kühlröhren durchströmt und bei 8 wieder in den Salzwasserkühler A zurückkehrt. Da die Abkühlung der Salzlösung durch Verdampfung im tiefen Vacuum erfolgt, so muß so viel Wasser der Salzlösung kontinuierlich wieder zugeführt werden, als durch Verdampfung verloren geht. Diese Süßwasserzuführung geschieht durch eine dünne Rohrleitung L und einen Regulierhahn L^1 , so daß die Salzlösung in den Kühlern und Rohrleitungen stets gleiches Volumen und mittlere Sättigung erhält. Das abzukühlende Süßwasser (oder eine andere Flüssigkeit) dagegen tritt bei g in den Kühler J^1 und von da durch das Verbindungsrohr h in den Kühler J , und gelangt aus diesem durch die Rohrleitung i nach dem Orte seiner Bestimmung. Beim Durchströmen des Süßwassers kühlt sich dasselbe bis nahe auf die Temperatur ab, mit welcher die zurückkehrende Salzwasserlösung bei H^1 in den ersten Kühler J^1 eintritt.

Für eine eventuell eintretende Undichtigkeit in den Kühlrohrleitungen oder Süßwasserkühlern ist einerseits in der Rohrleitung f ein Rückschlagventil M angebracht, anderseits auf dem Süßwasserkühler J^1 (oder, wenn ein solcher nicht zur Verwendung gelangt, in der bezüglichen Rohrleitung) ein Apparat N , der die Bestimmung hat, den Süßwasserkühler vor Überfüllung zu schützen. Dieser Sicherheitsapparat N besteht aus einem über dem Röhrenkühler J^1 angebrachten hohlcyllindrischen, oben durch einen Deckel geschlossenen und mit einer central durchbohrten Zwischenwand versehenen Gufsstück. In demselben befindet sich ein leicht beweglicher Schwimmer N^1 mit central unter demselben befestigten Kolbenschieber N^2 , der in der concentrischen Bohrung der Zwischenwand N^3 leicht auf- und abbeweglich ist. Dieser Kolbenschieber hat nur unten eine volle runde Platte und ist diese durch Rippen mit dem Schwimmer N^1 verbunden.

Dieser Schwimmer ist nun in solcher Höhe angeordnet, daß bei dem normalen Niveau der Salzlösung im Kühler A die zurückströmende Salzlösung ungehindert durch die cylindrische Öffnung in der Richtung des Pfeiles 7 in den Kühler A strömen kann.

Sobald aber das Niveau der Salzlösung die normale Grenze überschreitet, hebt sich der Schwimmer und damit auch der Kolbenschieber und schließt den Durchgangskanal ab. Steigt auch dann noch das Niveau der Salzlösung, so geht auch der Schwimmer höher und öffnet durch Anstossen ein im Deckel N' angebrachtes Sicherheitsventil K , durch welches sodann mit grossem Geräusch atmosphärische Luft eintritt, das Vacuum in dem Salzkühler vermindert und dadurch weitere Überfüllung des Kühlers A unmöglich macht.

Der Raum des Behälters N steht durch ein Rohr Q mit dem Dampfraum des Salzwasserkühlers A in Verbindung, so dafs das Salzwasserniveau im Sicherheitsbehälter N stets gleich dem im Salzwasserkühler A bleibt.

Der Absorber B ist in Form und Gröfse ähnlich dem beschriebenen Salzwasserkühler A . Um jedoch eine vollkommene Kühlung der Schwefelsäure im Absorber zu erzielen, ist mit demselben noch ein Röhrenkühler O verbunden, in welchen durch ein auf der Rührwelle des Absorbers befindliches Flügelrad C' die Säure durch die Röhren des Kühlers O getrieben wird, und am anderen Ende des Röhrenkühlers die abgekühlte Säure wieder in den Absorber zurückgelangt. Auch hier kann das Flügelrad als eine selbständige Zentrifugalpumpe ausserhalb des Absorbers angeordnet werden. Das Kühlwasser tritt bei Pfeil 9, die Kühlröhre umspielend, in den Säurekühler O und strömt von da weiter in das den Absorber umgebende Bassin C^2 , wodurch eine kontinuierliche Abkühlung der Schwefelsäure an grosser Oberfläche stattfindet. Der Absorber B steht durch das Rohr D mit der Luftpumpe in Verbindung (dieselbe ist hier nicht dargestellt). Um zu verhindern, dafs bei der Evacuierung Säurepartikelchen mit in die Röhre D gelangen, ist im Dampfdom B^1 ein Säurefangapparat in Form eines Trichters V angebracht, in welchen oben das Luftsaugrohr D so tief einmündet, dafs die abziehenden Dämpfe und Luft auf- und niedergehende Bewegung annehmen müssen und dabei die eventuell mitgerissene Säure in den Trichter werfen, aus welchem sie durch enge Mündung wieder in den Absorber zurückfließt. Um die Säure im Absorber stets wieder auf ihre ursprüngliche Konzentration zurückzuführen, wird dieselbe kontinuierlich durch eine Säurepumpe einem Säureabdampfapparat zugeführt, während aus diesem die konzentrierte Säure

in demselben Maße wieder in den Absorber durch die Rohrleitung R zurückströmt. Bei dieser Säurepumpe sind die Schwierigkeiten vermieden, die bei gewöhnlichen Pumpen zum Absaugen von Flüssigkeiten aus geschlossenen Räumen, in denen eine Spannung unter dem Atmosphärendruck herrscht, vorhanden sind. Diese Schwierigkeiten bestehen darin, daß diese Flüssigkeiten, namentlich ätzende, wenn dieselben bis an die Stopfbüchse der Kolbenstange herantreten, die Stopfbüchse undicht machen, und die Pumpe dadurch außer Funktion setzen. Ebenso störend wirkt in solchen Fällen das Versagen eines Säureventils, indem die Pumpen nicht ansaugen wollen.

Im Kreislauf der Säure vom Absorber nach dem Konzentrator und von diesem wieder zurück in den Absorber sind zwei Wärmeaustauschapparate W und W' eingeschaltet. Aus dem Absorber wird die Säure durch die Säurepumpe in den Pfeilrichtungen 10 und 11 nach dem Konzentrator gepumpt, und gelangt aus letzterem die konzentrierte Säure, die Wärmeröhren im Austauschapparat W nach dem Prinzip der Gegenströmung umströmend, bei S wieder in den Absorber zurück. Auf diesem Wege gibt die heiße Säure den größten Teil ihrer Wärme im Austauschapparat W an die aus dem Absorber zugeführte Säure ab, während die aus dem Konzentrator dem Absorber zuströmende Säure weiter in den Wärmeaustauschapparat W' durch bei T zu- und bei U aus tretendes Kühlwasser bis nahe auf Wassertemperatur abgekühlt wird.

Die Windhausen'sche Verbesserung an Vacuum-Kühlmaschinen, welche dieses System den anderen in seiner Anwendung nahezu gleichwertig machte, wurde ebenfalls von dem Vacuum-Eismaschinenverein in Berlin zur Ausführung und Verbreitung gebracht. Die Vacuum-Kühlmaschine wurde noch mit weiteren Verbesserungen ausgestattet, welche sie für den kontinuierlichen Betrieb vollkommen geeignet machen. Diese verbesserte Maschine ist in Fig. 63 dargestellt und zeigt eine von der ersten Konstruktion wesentlich verschiedene Einrichtung.

Den wichtigsten Teil derselben bildet wieder die Vacuumpumpe A , welche, wie bereits beschrieben, aus einem großen und kleinen Luftcylinder besteht, von denen nur der letztere gegen die Atmosphäre arbeitet. Hierdurch wird erreicht, daß einerseits die Vacuumpumpe mit Sicherheit ein sehr hohes Vacuum (bis

$\frac{1}{1500}$ Atm. = $\frac{1}{2}$ mm absoluter Druck) erzeugt und anderseits einen so leichten Gang hat, dafs derselbe nur eine sehr geringe

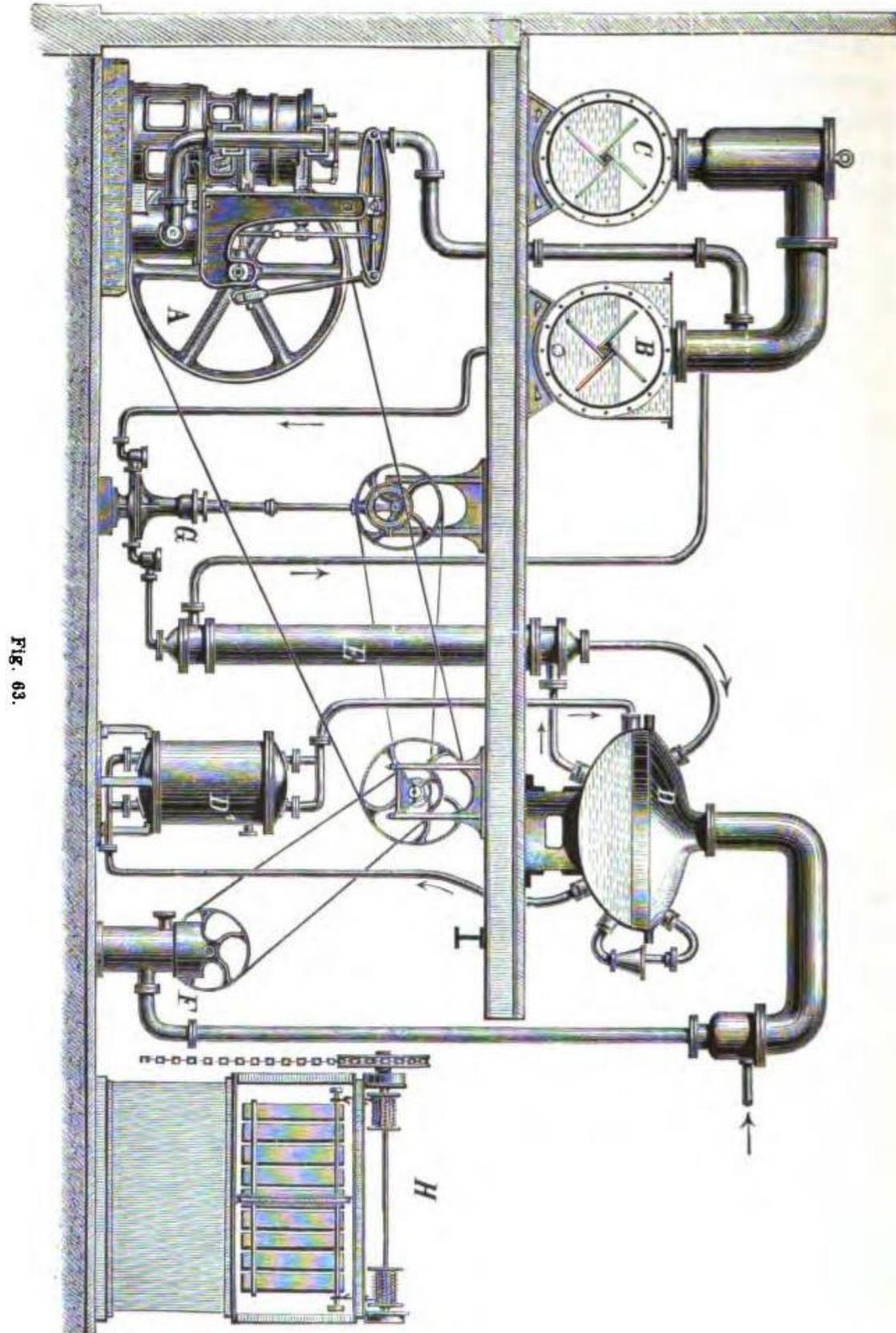


Fig. 63.

Betriebskraft benötigt. Diese Vacuumpumpe hat den Zweck, die zum Kühlprozess erforderliche Luftleere im Absorber und Kühlapparat herzustellen und zu erhalten. Außerdem schafft die Pumpe noch eine nicht unbedeutende Menge der aus dem zu kühlenden Wasser sich entwickelnden Dämpfe fort, insofern die Apparate erfahrungsmäßig so dicht hergestellt werden können, daß nur wenig durch etwaige Undichtigkeit eintretende Luft zu beseitigen ist.

Durch das Saugerohr der Vacuumpumpe steht dieselbe mit dem Absorptionsapparat *B* in Verbindung; derselbe besteht am zweckmäßigsten aus einem horizontal gelagerten gußeisernen Cylinder von 0,9 m Durchmesser und einer Länge von 3 bis 8 m, je nach der Größe der Maschine. Der Absorber ist etwa bis zu zwei Drittel Höhe mit Schwefelsäure gefüllt, welche durch das in der Mittelaxe des Cylinders befindliche Rühr- und Schaufelwerk derartig in Bewegung erhalten wird, daß eine möglichst große Oberfläche entsteht und die über dieselbe streichenden Wasserdämpfe gut absorbiert werden. Durch die Aufnahme der Wasserdämpfe tritt eine Erwärmung der Schwefelsäure ein, und da selbstverständlich diese Temperaturerhöhung ungünstig auf den Kühlprozess einwirken würde, so läßt man fortwährend durch den äußerlich um den Cylinder angebrachten Wassermantel eine entsprechende Quantität Kühlwasser strömen.

Ein dem Absorber ähnlich geformter Apparat ist der Kühler *C*, welcher durch eine weite Bogenröhre mit ersterem in Verbindung steht. Der Kühlapparat besteht aus einem liegenden, mit Rührwelle versehenen Cylinder, welcher mit einem schlechten Wärmeleiter (wie Korkabfälle, Kuhhaare, Sägespäne etc.) umkleidet ist, um die Ausstrahlung der Kälte zu verhindern. In demselben wird beständig die zu kühlende Flüssigkeit durch ein entsprechend weites Rohr angesaugt und durch ein am entgegengesetzten Ende des Cylinders angebrachtes Rohr von einer gewöhnlichen Wasserpumpe (oder, wenn es die örtlichen Verhältnisse zulassen, durch ein 10 m hohes Fallrohr) nach einem Sammelreservoir fortgeschafft.

Durch die im Kühler sich entwickelnden Dämpfe, welche von der im Absorber befindlichen Säure absorbiert werden, würde diese selbstverständlich stark verdünnt werden, wenn nicht dieses von der Säure aufgenommene Wasser kontinuierlich wieder abgedampft würde. Dies geschieht nun durch den Konzentrator *D*.

Derselbe bestand nach der alten, bereits beschriebenen Konstruktion aus einem mit gewölbten Deckeln geschlossenen, stehenden Cylinder, welcher aus Hartblei mit innen aufgelöthetem Weichbleiüberzug hergestellt war. Im Innern des Apparates waren 2 bis 3 konzentrisch stehende Bleischlangen mit hinreichend großer Wandstärke aufgestellt, durch welche Dampf von ca. 3 Atm. Spannung geleitet wurde und auf diese Weise die Säure auf ca. 135° C. erwärmte. Bei dieser Temperatur würde dieselbe unter gewöhnlichen Verhältnissen nur schwer vom Wasser zu befreien sein; wenn sie aber unter stark vermindertem Luftdruck erwärmt wird, so gibt die Säure das Wasser verhältnismäßig leicht ab und fördert das Verdunsten desselben mit geringem Wärmeaufwand. — Dieser Konzentrationsapparat gab jedoch häufig zu Betriebsstörungen Veranlassung, nachdem die Bleischlangen infolge des großen Dampfdruckes platzten oder undicht wurden, und die Auswechslung dieser Schlangen sehr umständlich war. Es wurde daher die Konstruktion des Konzentrationsapparates durch eine dem Vacuum-Eismaschinenverein patentierte Einrichtung (D. R. P. Nr. 38015) wesentlich verbessert, und auf diese Weise auch die letzte Ursache der Betriebsstörungen bei Vacuum-Kühlmaschinen beseitigt. In der Abbildung (Fig. 63) ist dieser verbesserte Verdampfapparat ersichtlich, und besteht derselbe aus dem eigentlichen Verdampfgefäße *D* und dem Säureerhitzer *D*₁. Die Detailkonstruktion dieses Konzentrationsapparates ist aus der Abbildung Fig. 64 a, und eine andere hier nicht angewendete Konstruktion desselben aus der Fig. 64 b ersichtlich. Die erste Konstruktion hat nachstehende Einrichtung:

Die aus Hartblei hergestellte und mit Wärmeschutzmasse versehene Abdampfschale *S* steht durch die Rohre *a* und *b* mit dem Säureerhitzer *E* und durch das Rohr *d* mit einem Säurevorwärmer in Verbindung. Säureerhitzer und Säurevorwärmer sind aus Eisen- oder Kupferblech hergestellte Dampfgefäße, in welche eine oder mehrere konzentrisch zu einander liegende Bleirohrschlangen *M M*¹ auf eisernen Gestellen *N N*¹ eingesetzt sind. Der Kesseldampf tritt bei *f* ein, während bei *g* das Kondensationswasser durch geeignete Vorrichtungen abgelassen wird. Die Säure tritt vorgewärmt durch das Rohr *d* in die Schale *S* ein, wo ein Teil ihres Wassers verdampft, und sinkt als schwerere Säure zu Boden, von wo sie durch das Rohr *b* nach dem Erhitzer *E* und durch das Rohr *a*

wieder in die Abdampfschale *S* zurückgeführt wird. Das verdampfende Wasser wird durch den Dom *D* von einer Luftpumpe abgesaugt. Ist die Säure genügend konzentriert, so wird sie durch das Rohr *I* abgelassen. Soll der Apparat kontinuierlich arbeiten, so läßt man die Säure durch den Vorwärmer und von dort durch das Rohr *d* in die Schale *S* zu- und durch das Rohr *e* abfließen.

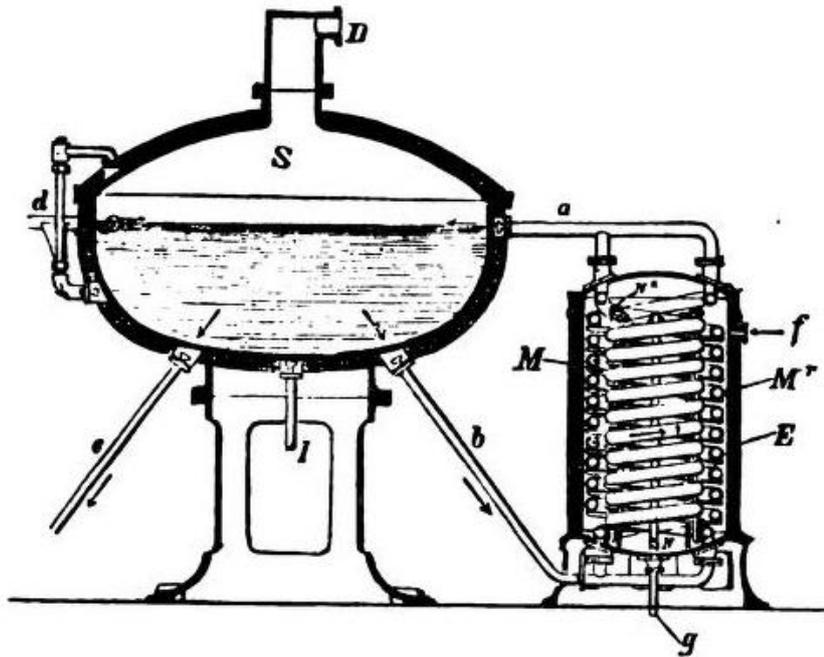


Fig. 64 a.

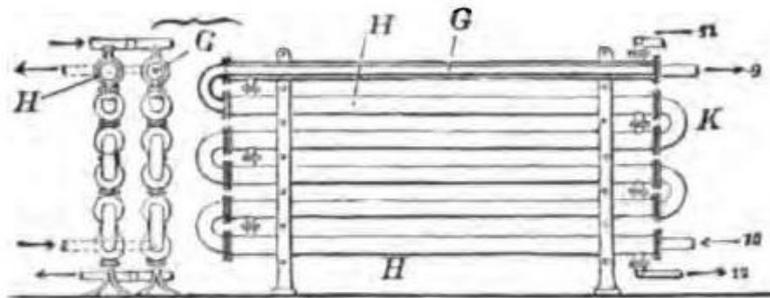


Fig. 64 b.

Durch Hahnstellung wird Zu- und Abfluß der Säure so reguliert, daß das Niveau derselben im Abdampfer konstant bleibt.

Fig. 64 b stellt die andere Konstruktion des Säureerhitzers dar. Derselbe besteht aus einer oder mehreren flach gewundenen Bleirohrschlangen. Die geraden Bleirohre *G* sind in die etwas weiteren kupfernen oder eisernen Röhren *H* eingelagert. Im Zwischenraum beider Röhren zirkuliert der Dampf. Die geraden Röhren sind durch die Hartbleibogen *K* miteinander verbunden. In der Pfeilrichtung 10 tritt die zu erheizende Säure ein, während

sie bei 9 in die Abdampfschale gelangt. In entgegengesetzter Strömung der Säure zirkuliert der Dampf in der Pfeilrichtung 11 nach 12.

Die zur Konzentration erforderliche Luftleere stellt eine kleine einfach wirkende Luftpumpe *F* (Fig. 63) her, welche auch gleichzeitig das zur Kondensation der aus der Säure abziehenden Wasserdämpfe erforderliche Einspritzwasser entfernt. Zur Vermittlung der Säure zwischen Absorber und Konzentrator dient der Austauschapparat *E* und die Säurepumpe *G*. Der Austauschapparat ist ein ca. 3 m langer, aus Eisen und Hartblei hergestellter Cylinder, welcher in seinem Innern 55 gerade Bleirohre enthält. Die aus dem unteren Teile des Konzentrators abfließende schwere und heisse Säure gelangt, jene Bleirohre umspülend, durch den Austauscher nach dem Absorber, während durch die Bleirohre selbst die dünnere kalte Säure aus dem Absorber mittels der Pumpe *G* nach dem Konzentrator befördert wird. Wie leicht ersichtlich, bewirkt der auf dem Prinzip der Gegenströmung basierende Austauschapparat einen so vollkommenen Temperatúraustausch, daß die mit hoher Temperatur aus dem Konzentrator abfließende konzentrierte Säure kalt in den Absorber eintritt, während die im Absorber abgekühlte dünnere Säure heiss in den Konzentrator einströmt. Diese kontinuierliche Zirkulation der verdünnten Säure aus dem Absorber nach dem Kondensator und der konzentrierten von da nach dem Absorber wird im praktischen Betriebe in der Weise unterhalten, daß sowohl das Niveau der Säure in beiden Apparaten auf stets gleichbleibender Höhe, als auch der Konzentrationsgrad der Säure in jedem Apparat für sich immer konstant erhalten wird, und zwar im Absorber auf 56° Bé., im Konzentrator auf 59° Bé.

Die Säurepumpe *G* ist eine stellbare Membranpumpe, welche den kontinuierlichen Säurestrom vom Konzentrator nach dem Absorber vermittelt.

Während früher bei den direkt wirkenden Vacuum-Eismaschinen der intermittierende Betrieb mit einem periodischen Säurewechsel in Zwischenräumen von 8 bis 12 Stunden sich als praktisch brauchbar und bequem erwies und keineswegs die Quantität der Tagesproduktion beeinträchtigte, so stellte sich bei den ersten, in der Praxis eingeführten Vacuum-Eismaschinen heraus, daß die infolge des Säurewechsels entstehende Unter-

brechung in der Kälteerzeugung unstatthaft war; deshalb wurde bei den später konstruierten Kühlmaschinen, welche kalte Salzlösung zur Kellerkühlung erzeugen, der in den ursprünglichen Patenten angeführte kontinuierliche Betrieb der Maschine wieder eingeführt. Hierbei macht, wie vorhin beschrieben, ein und dieselbe Quantität Säure einen beständigen Kreislauf zwischen Absorber und Konzentrator, indem die im Absorber sich verdünnende Säure dem Konzentrator zugeführt wird und dieser konzentrierte Säure in gleichem Maße an den Absorber zurückgibt.

Es ist nun klar, daß die Vacuum-Kühlmaschine, eingerichtet mit kontinuierlichem Betriebe, stets eine konstante Leistungsfähigkeit besitzt, indem die absorbierende Flüssigkeit beständig ein und denselben Konzentrationsgrad (etwa 57 bis 58° Bé.) zeigt, während dies beim intermittierenden Betriebe nicht der Fall war, und die Leistungsfähigkeit der Maschine im Anfang der Arbeitsperiode größer, am Ende der Periode kleiner war. Bei der Blockeiserzeugung auf direktem Wege hatte dies weiter nichts zur Folge, als daß die Zeitperioden der Eisentleerung verschieden waren, die sich aber regelmässig wiederholten und auf diese Weise, auf die Zeiteinheit reduziert, genau dieselbe Eisproduktion ergaben, als ob die Maschine mit kontinuierlichem Betriebe arbeitete. Bei der Vacuum-Kühlmaschine, speziell zur Erzeugung kalter Salzlösung für Kellerkühlung, stellte sich bei den zuerst ausgeführten Maschinen heraus, daß die Temperatur des im großen Reservoir aufgespeicherten kalten Salzwassers während einer Arbeitsperiode der Säure nicht konstant erhalten werden konnte und namentlich während des Säurewechsels. Bei der neuerdings ausgeführten, nunmehr kontinuierlich arbeitenden Kühlmaschine ist dieser Übelstand gänzlich beseitigt, so daß dieselbe sich in der praktischen Anwendung vorzüglich bewährte. Namentlich ist der geringe Kraftdampfverbrauch der Vacuum-Kühlmaschine im Vergleich zu allen anderen Systemen der Kälteerzeugung besonders hervorzuheben, denn für die meisten gut eingerichteten Brauer hängt die Anschaffung einer Vacuum-Kühlmaschine nicht erst von besonders zu dem Zwecke anzuschaffendem großen Dampfkessel und komplizierter Präzisionsdampfmaschine ab, sondern dieselbe kann in den meisten Fällen an die vorhandene Brauereibetriebsmaschine angehängt werden, ohne daß ein wesentlich größerer Kohlenaufwand bemerkbar wird.

In der verbesserten Form ist die Vacuum-Kühlmaschine mit Anwendung der Säurekontinuität in der Betriebsführung bedeutend einfacher als früher, da der Maschinist bei der Überwachung einer solchen Maschine keine volle Beschäftigung hat und ebensogut mehrere Maschinen gleichzeitig bedienen kann. Durch Einführung des kontinuierlichen Betriebes sind die Reservoirs für konzentrierte und verdünnte Säure unnötig geworden, so daß die Maschine jetzt weniger Raum zur Aufstellung erfordert als früher mit intermittierendem Betriebe. An Stelle dieser Reservoirs ist jetzt allerdings eine besonders zu diesem Zwecke konstruierte Säurepumpe *G* gekommen, die aber so klein ist und so wenig Raum einnimmt, daß sie im Vergleich zu obigen Apparaten gar nicht in Betracht kommt. Während früher zwei Absorberfüllungen von Säure zum Betriebe erforderlich waren (d. h. während die eine Füllung im Absorber sich verdünnte, wurde die andere Füllung unabhängig davon konzentriert und periodisch gewechselt), so ist bei der neueren Anlage nur eine Füllung nötig, die beständig im Kreislauf zwischen Absorber und Verdampfer zirkuliert.

Eine auf dem gleichen Prinzipie der Wasserverdampfung im Vacuum und Absorption beruhende Eismaschine für den Handbetrieb hat sich der Internationale Vacuum-Eismaschinenverein in Berlin patentieren lassen (D. R. P. Nr. 36055), die in Fig. 65 in der Vorderansicht dargestellt ist und zur Erzeugung von Eis und Kühlung von Flüssigkeiten dient. Die kleine Maschine besteht im wesentlichen aus folgenden Teilen.

1. dem Eisbildner, bzw. Wasserkühlapparat *E*;
2. dem Absorber *A*;
3. dem Verdampfer (Konzentrator) *C*;
4. der zweicylindrigen Vacuumpumpe, deren beide Luftcylinder zu beiden Seiten eines Säulengestelles *R* montiert sind;
5. den zugehörigen Bewegungsmechanismen und den die vorstehenden Teile verbindenden Röhren.

Der Eisbildner oder Wasserkühlapparat *E* besteht aus einem an den Endflächen geradegeschliffenen hohlen Glaszylinder, welcher zwischen zwei Gummiringen *K K'*, mit welchem die beiden gußeisernen Deckel *G* und *H* versehen sind, durch eine Schraubvorrichtung eingepreßt wird. Der obere Deckel *G* ist mit dem

Abzugsbogenrohr *S* in fester Verbindung, während der untere Deckel *H* durch Schraube und Handrad *M* auf- und niederbewegt werden kann. Die Drehung dieses Deckels wird durch den in einer Nut geführten Stift *D* verhindert.

Durch das den Wasserdämpfen Abzug gewährende Rohr *S* steht der Eisbildner in Verbindung mit dem Absorber *A*. Dieser besteht aus einem vertikal oder horizontal gelagerten Cylinder mit gewelltem oder glattem Mantel, und kann aus Gufseisen, Schmiedeeisen oder Hartblei hergestellt sein. In der Mittelachse des Absorbers, welcher mit Schwefelsäure oder einer andern, die Wasserdämpfe absorbierenden Flüssigkeit zum Teil gefüllt ist, liegt ein in zwei Endlagern drehbares, eigentümlich geformtes Rührwerk *R*. Dasselbe wird durch Zahnräder oder Friktionsscheiben und die vertikale Achse *T* von der Hauptwelle *B* aus bewegt und ist mit wellenförmig gebogenen und perforierten Rührscheiben *Y* und dazwischen liegenden, gegen die Achse geneigt stehenden Rührschaufeln *X* versehen. Letztere haben den Zweck, eine innige Mischung und ein Zerstäuben der Absorptionsflüssigkeit zu erreichen, während die Rührscheiben eine möglichst große benetzte Oberfläche oberhalb des Flüssigkeitsniveaus bezwecken und die zu absorbierenden Wasserdämpfe zwingen, die Durchbrechungen und freien Umfangsflächen zu durchstreichen.

Der vordere Deckel des Absorbers geht in eine vertikale, hohle, gufseiserne Säule über, deren unterer geschlossener Teil den Dom des Absorbers bildet. In der unteren Ausbauchung des Deckels liegt das Radgetriebe des Rührwerkes. Die vertikale Welle *T*, welche die Bewegung der Rührwelle von der Hauptwelle *B* aus überträgt und durch eine Stopfbüchse *V* abgedichtet ist, besitzt unterhalb derselben (im Dom) einen Schirm *W*, um die

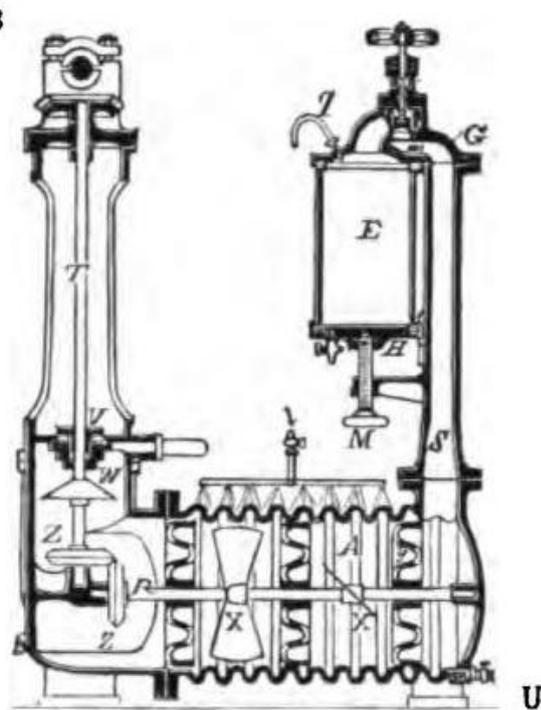


Fig. 65.

noch in die Höhe spritzenden Partikelchen von der Rohrmündung und Stopfbüchse fernzuhalten.

Bei Erzeugung von geringen Quantitäten Eis genügt es in den meisten Fällen schon, die durch Aufnahme der Wasserdämpfe sich erwärmende Säure durch die äufsere Luft abkühlen zu lassen, weshalb die Mantelfläche des Absorbercylinders gewellt ist, um eine möglichst grofse Abkühlungsfläche zu erreichen.

Eine energischere Kühlung der Säure erzielt man dadurch, dafs man den Absorber mit einer lockeren Decke umgibt, über welche Wasser oder eine andere Flüssigkeit rieselt und durch Verdampfung wärmeentziehend wirkt. Zur Abdampfung des von der Schwefelsäure absorbierten Wassers dient der Konzentrador *C*.

Der mit einer dünnen Schwefelsäure zu füllende, oben offene Hartbleikessel *C* ist in einen gröfseren kupfernen oder eisernen Kessel *Q* eingehängt, und der dadurch gebildete Hohlraum zwischen beiden Kesselwandungen ist mit einer schwer siedenden Flüssigkeit (Ätznatron oder Glycerin) ausgefüllt. Wird nun diese Flüssigkeit von aufsen durch eine Gas- oder Petroleumflamme oder durch Kohlenfeuer erhitzt, so kann dieselbe nur die ihrem Konzentrationsgrade bzw. Siedepunkte entsprechende Temperatur annehmen, weil die bei höherer Erhitzung sich bildenden Dämpfe durch das Rohr *L* in einen Oberflächenkondensator *I*, durch welchen Kühlwasser zu- und abfließt, geführt, hier niedergeschlagen und als Wasser durch das Rohr *L*, wieder in den Kessel zurückgeführt werden. Die Anwendung dieses Flüssigkeitsbades bezweckt eine bestimmte, zur Abdampfung der Schwefelsäure nötige Siedetemperatur zu erzielen und konstant zu erhalten.

Zur Herstellung des Vacuums im Absorber und Eisbildner dienen Pumpen. Das Saugrohr der gröfseren Luftverdünnungspumpe steht mit dem Absorberstutzen *N* in Verbindung. Die Pumpe saugt die Luft aus dem Absorber an und wird von dieser nach einer zweiten kleinen Pumpe befördert, welche die Luft auf Atmosphärenspannung komprimiert und auswirft. Durch diese Kombination wird auf einfache Weise ein hohes Vacuum erzielt.

Die beiden Pumpen werden durch die Welle *B* bewegt, welche durch zwei Lager auf dem Säulengestell drehbar ist und an einem Ende eine Kurbel zur Bewegung der grofsen Pumpe, am andern Ende einen Exzenter zur Bewegung der kleinen Pumpe und hinter diesem ein Schwungrad mit Handkurbel (für Maschinenbetrieb

durch Riemscheibe *U*) zur Bewegung der ganzen Maschine besitzt.

Die Wirkungsweise der Hand-Eismaschine ist nun folgende: Ist in dem hermetisch geschlossenen Raum *E* die erforderliche Luftleere hergestellt, so fließt durch den mit Skala und Zeiger versehenen und genau eingestellten Hahn *q* das zu gefrierende Wasser zu, indem dasselbe aus einem bereitstehenden Wassergefäße angesaugt wird. Beim Eintritt des Wassers in den fast luftleeren Raum erfolgt wie bei den größeren Maschinen sofort der Gefrierprozess. Ist die genügende Quantität Eis hergestellt (was man von außen genau beobachten kann), so wird das Ventil abgesperrt, durch den Hahn *q* Luft eingelassen und, indem der untere Tisch nach unten bewegt wird, der Eisblock aus dem abgenommenen Glascylinder entfernt. Soll nun Wasser oder eine andere Flüssigkeit abgekühlt werden, so wird durch den Hahn *q* so viel Wasser bzw. Flüssigkeit in den evacuierten Hohlraum des Cylinders eingelassen, daß zwar eine lebhaftere Verdunstung des Wassers unterhalten, dasselbe jedoch nur auf den gewünschten Grad abgekühlt wird. Auf diese Weise kann Wasser bis auf 0° oder eine schwer gefrierende Flüssigkeit auf beliebige Grade unter 0 abgekühlt werden. Das gekühlte Wasser wird unter Luftzutritt durch den Hahn *q* abgelassen.

Die kleine kompensiös gebaute Maschine hat sich als zweckmäßig bewährt und mannigfache Einführung erfahren.

Vacuum-Eismaschine von Patten.

Neuerungen an Vacuum-Eismaschinen wurden von John Patten in New-York eingeführt, und bezwecken dieselben, das Gefrieren eines Eisblocks zu vereinfachen und einen Weitertransport desselben vor der Herausnahme aus der Maschine zu ermöglichen. Die zu diesem Behufe konstruierte Maschine ist so beschaffen, daß sie eine Wasserschicht auf einer Oberfläche ausgebreitet enthält, welche von einem teilweisen Vacuum beeinflusst wird, um Wasser zum Gefrieren zu bringen, oder es kann auch eine angefeuchtete Oberfläche der Einwirkung kalter Luft ausgesetzt werden. Das Wasser wird auf dieser Oberfläche entweder durch Eintauchen der letzteren oder mittels hin- und hergehender Behälter ausgebreitet, in denen das Wasser so geschützt ist, daß

es der Einwirkung der kalten oder verdünnten Luft nicht ausgesetzt ist und nicht gefrieren kann.

In der nebenstehenden Abbildung Fig. 66 ist die allgemeine

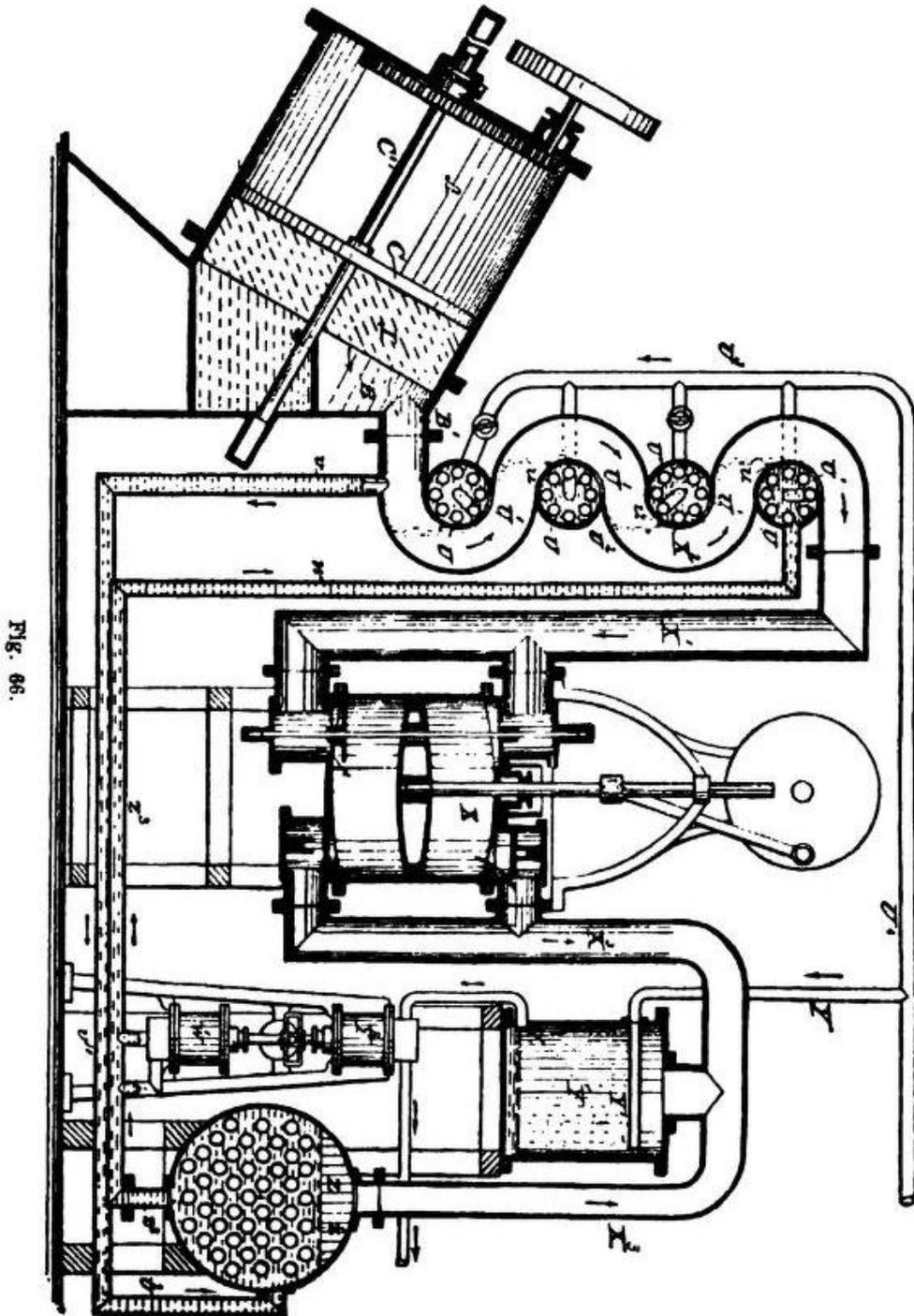


Fig. 66.

Anordnung der neuen Eismaschine mit Vorrichtungen zum Kondensieren des mittels Pumpe oder Blasebalges aus dem Gefrier-raum abgesaugten Dampfes veranschaulicht. Die Pumpe X, welche entweder eine Kolbenpumpe, ein Blasebalg oder sonstiges Gebläse

beliebiger Art sein kann, kommuniziert durch das Rohr X^1 mit einer Rohrschlange X^2 , welche mit dem Stutzen B^1 des Gefäßes B in Verbindung steht, so daß aller Dampf durch die Rohrschlange hindurch in die Pumpe gelangen muß und von dort durch ein Rohr X^3 in einen Kondensator Y eintritt, in welchen ein perforiertes Wasserrohr Y^1 hineinragt. Durch dieses Rohr Y^1 wird Wasser getrieben, so daß ein Sprühregen von dem oberen Teil des Kondensators Y zu Boden fällt und den Dampf kondensiert. Das von dem Kondensator Y abfließende Wasser wird mittels einer Pumpe Y^2 abgepumpt. An der Rohrschlange X^2 ist bei jeder Biegung ein querweise angeordneter Behälter oder Trog U angebracht, von denen jeder oben mit horizontaler Öffnung V^1 versehen ist. In jedem dieser Behälter U ist eine Anzahl Zirkulationswasserrohre U^2 angeordnet, wobei jede Gruppe solcher Zirkulationsrohre mit einem Rohr U^1 kommuniziert, welches seinerseits wieder mit einem Zuflußrohr U^4 verbunden ist, welches zugleich dem Rohr Y^1 Wasser zuführt. Der oberste Behälter U ist durch das Rohr w mit einer Pumpe w^1 verbunden, durch welche der oberste Behälter U mit Schwefelsäure vollgepumpt wird. Die Schwefelsäure fließt dann über den tiefer liegenden Rand der Öffnung U^1 des obersten Behälters, tropft auf die darunter befindliche Wölbung der Rohrschlange und fließt in den zweiten Behälter U . Ist dieser voll, so fließt die Schwefelsäure in den dritten und von da in den vierten Behälter und schließlich vom Boden der Rohrschlange aus in das Rohr v . Beim Durchfließen durch das Schlangenrohr absorbiert die Schwefelsäure den Wasserdampf und wird dadurch nach und nach verdünnt, so daß sie in ganz verdünntem Zustande in das Rohr v einfließt. Da die Schwefelsäure sehr große Mengen des Wasserdampfes absorbiert, so wird die durch die Pumpe X abzusaugende Dampfmenge wesentlich verringert, und die Betriebskosten für die Eismaschine werden in entsprechendem Verhältnis reduziert. Um die Schwefelsäure daran zu hindern, an der gekrümmten Wandung des Schlangenrohres entlang zu fließen, ist ein wenig unterhalb der unteren Kante einer jeden Öffnung U^1 eine vorstehende Leiste u angeordnet, welche ein senkrechtcs Niederfallen der Schwefelsäure veranlaßt, so daß diese die Dämpfe absorbieren kann. Die durch die aufgenommenen Dämpfe erhitze Schwefelsäure wird durch in den Röhren U^2 zirkulierendes Wasser

abgekühlt, fließt aber noch ganz warm in das Rohr v ein. Aus dem letzteren tritt die warme, verdünnte Schwefelsäure durch die Rohre v^1 und v^2 in den oberen Teil des mit Feuerzügen Z^1 konstruierten Kessels Z , wo sie erhitzt wird, so daß das von ihr aufgenommene Wasser verdampft und in Dampfform durch das ebenfalls nach dem Kondensator Y führende Rohr X^5 streicht und in Y mit den von der Pumpe X^1 eingeführten Dämpfen zusammen kondensiert wird. Die Schwefelsäure wird im Kessel Z allmählich konzentriert, fließt durch die Rohre Z^2 nach der Pumpe w^1 und wird auf die vorgeschriebene Weise wieder in die Behälter U gepumpt. Es ist von außerordentlicher Wichtigkeit, die durch die Pumpe abzusaugende Dampfmenge so viel wie möglich zu verringern, welcher Zweck außer durch die vorstehend beschriebenen selbstredend auch durch andere äquivalente Mittel erreicht werden kann.

Absorptionsapparat von Egells.

Von Hermann Egells in Berlin sind bezüglich der bei Vacuum-Kühlmaschinen verwendeten Absorptionsapparaten einige beachtenswerte Neuerungen vorgeschlagen worden (D.R.P. Nr.33166), die in folgendem bestehen:

Die zur Absorption von Gasen und Dämpfen durch Flüssigkeit (z. B. der Wasserdämpfe in Vacuum-Eismaschinen durch Schwefelsäure) benutzten Apparate sind bisher fast ausschließlich einfache Cylinder, versehen mit einer Rührvorrichtung, welche verhindern soll, daß das an der Oberfläche befindliche Absorbens, z. B. Schwefelsäure, sich allein verdünne und erwärme, vielmehr begünstigen soll, daß die Oberflächenschicht mit der an der Wandung des Cylinders gekühlten, also absorptionsfähigeren Säure sich vermische und so die Absorption vollkommener gestalte. Die Anwendung eines solchen einfachen, glatten Cylinders, der innen einen einzigen Raum bildet, hat nicht allein den Nachteil, die unzuweckmäligste Art der Wasserkühlung zu ergeben, sondern auch den Übelstand, daß das Absorbens durch den ganzen Apparat wesentlich überall denselben Konzentrationsgrad aufweist, daß es für kontinuierliche Arbeit mit einem solchen Absorber also nötig ist, das Absorbens nach seiner Verdünnung in großer Menge einem Konzentrador zuzuführen und von diesem dann mit erhöhtem Konzentrationsgrade wieder zurückzubringen. Die

hierbei zu fördernde Menge ist in den meisten Fällen zu groß, als daß sie mit wirklichem Vorteil, d. h. mit nur mäßigem Kohlenaufwande, auf den zur Konzentration nötigen Wärmegrad und bald darauf wieder zurück auf die zur Absorption nötige niedrige Temperatur gebracht werden könnte. Um z. B. die Schwefelsäure im Absorber einer Vacuum-Eismaschine, welche 100 kg Eis pro Stunde erzeugen soll, permanent auf 58° Bé. bei einer Temperatur von höchstens 36 bis 40° C. zu erhalten, ist es notwendig, 500 kg Säure dem Absorber zu entnehmen, im Konzentrator auf 60 bis 62° Bé. zu konzentrieren und dieselbe gekühlt dem Absorber zuzuführen oder im Absorber selbst zu kühlen, ein Prozess, wobei ca. 200 kg Kühlwasser von 10° Temperatur verbraucht und etwa 12 kg Kohle aufgewendet werden. Die große Menge permanent um wenige Grade zu konzentrierender Säure und die geringe Kühlungsfläche sind die Ursache des großen Wasser- und Brennmaterialaufwandes. Weil infolge hiervon der Absorptionsprozess unverhältnismäßig kostspielig wird, ging man im erwähnten speziellen Falle der Eisbereitung dazu über, eine bestimmte Menge von Schwefelsäure von 60° auf 50° Bé. durch Absorption herabzuarbeiten, dann diese verdünnte Säure aus dem Absorber zu entfernen und durch andere, in der Zwischenzeit wieder konzentrierte von 60° Bé. zu ersetzen. Dadurch wurde die kontinuierliche Wirkung der Vacuum-Eismaschine aufgehoben und in eine intermittierende verwandelt; aber man kam doch dahin, für je 100 kg Eis ca. 100 kg Säure mit 8 kg Kohlen zur Konzentration und 100 bis 110 kg Kühlwasser aufwenden zu müssen. Der mit der intermittierenden Arbeit verknüpfte Nachteil einer periodisch größeren und geringeren Kälteentwicklung kommt, solange es sich um die Produktion lediglich von Eis handelt, weniger in Betracht; wohl aber kommt jener Nachteil zur Geltung, wenn in jeder Zeiteinheit regelmässig ein bestimmtes Quantum Kälte in Form von kaltem Wasser oder tief abgekühlten, schwer frierenden Flüssigkeiten zu erzeugen ist.

Die Egells'sche Erfindung, welche angeblich wesentlich in dem erwähnten Übelstande der Vacuum-Eismaschine ihren ersten Anlaß fand, beruht nun nach Angabe des Erfinders darin, eine wirklich kontinuierliche Arbeit in derselben herzustellen, obgleich die Säure auch von 60° auf 52 bis 53° Bé. verdünnt wird. Es müssen aber nicht mehr als 100 kg Säure für 100 kg

Eis konzentriert werden. Dabei soll angeblich mit derselben Kühlwassermenge die Säure mehr abgekühlt und dadurch zur

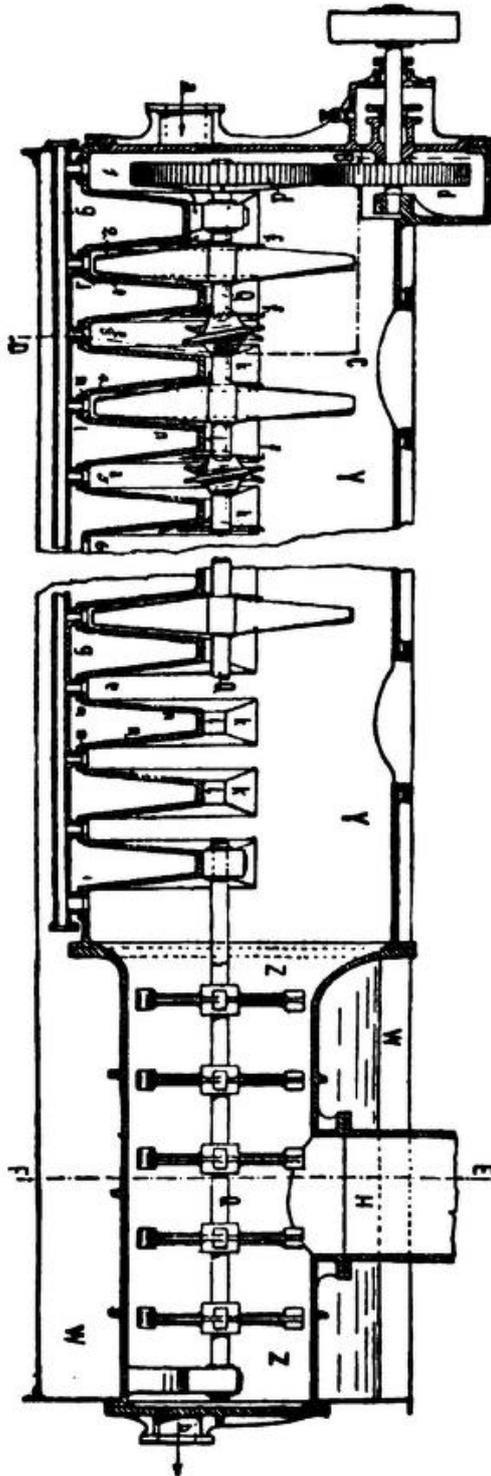


Fig. 67.

vermehrten Absorption befähigt werden, als dies seither der Fall war. Um diese Zwecke zu erreichen, konstruierte Egells den Absorber statt aus einem einfachen Cylinder in der aus der Zeichnung Fig. 67 sich ergebenden Weise mehrkammerig. Der Teil *Y* des Absorptionsapparates hat einen größeren Durchmesser als der Teil *Z*; jedoch können beide Teile auch denselben Durchmesser haben. Mit dem Teil *Z* verbunden ist das Eingangsrohr *H* für die zu absorbierenden Gase oder Dämpfe. Der Raum *Y* ist im unteren Teil in verschiedene Kammern *e e e . . .* geteilt, welche jede an ihrem Umfange *m* und an den Seitenflächen *n* von Wasser umspült und gekühlt werden, da der ganze Apparat von dem Kühlwasserbassin *W* umgeben ist. Auf diese Art kommt die Menge Säure, welche sich in einer Kammer *e* befindet, mit einer fast dreimal so großen Abkühlungsfläche in Berührung, als bei den bekannten Cylinderabsorbern auf den äquivalenten Teil entfällt. Egells' Apparat ermöglicht daher angeblich, die Säure mit demselben Kühlwasserquantum wie

früher besser zu kühlen, d. h. das Kühlwasserquantum relativ zu verkleinern

Die Abteilungen *e e e . . .* des aus Gußeisen bestehenden Apparates stehen untereinander durch ein gemeinschaftliches

Rohr g mittels Stützen i in Verbindung, welche Stützen für gewöhnlich durch gusseiserne Pflöcke oder Ventile geschlossen sind. Die letzteren können gehoben werden, um die Kammern $e e e \dots$ durch das Rohr g zu entleeren. Zu dem Zwecke läßt sich z. B. im Rohr g selbst eine Hebevorrichtung anbringen, wie etwa eine durchgehende, von außen zu regierende Daumenwelle. Der Teil Z wird durch den letzten Rohrstützen i auf diese Art mit entleert. In jeder der Kammern e befindet sich ein Rührflügel und in dem Teil Z deren mehrere, alle auf einer gemeinschaftlichen Welle Q sitzend, welche in geeigneter Weise, z. B. durch Räder $d d_1$ in Umdrehung versetzt werden. Der Zwischenraum zwischen je zwei Kammern $e e$ wird oben überdeckt bzw. abgeschlossen durch je eine Wand k , in welcher eine geeignete Austiefung für die Welle vorgesehen ist. Von dieser Aussparung aus steigen die erwähnten Wände nach der Absorberperipherie hinan. Damit wird erreicht, daß das in den Kammern e befindliche und durch die rotierenden Flügel in Bewegung gesetzte Absorbens nicht über die ganze Breite weg von einer Kammer in die andere übertreten kann, sondern nur durch die Aussparung unter und neben der sich bewegenden Welle Q . Die gewöhnliche Standhöhe des Absorbens (Schwefelsäure) wird dann auch ohne Rücksicht auf den etwaigen Zufluß sich mindestens auf die Höhe der Sohle der Aussparung einstellen und nur, wenn in der ersten Kammer ein Zufluß von Säure stattfindet, dieser Spiegel, angemessen dem erwähnten Zufluß, der durch den Rohrstützen a erfolgt, sich erhöhen, worauf die Säure aus Kammer Nr. 1 in 2 und aus 2 in 3, aus 3 in 4 etc. übertritt. Um bei dieser Bewegung der Säure von einer Kammer in die nächstfolgende jener eine Richtung nach abwärts zu geben, befindet sich auf der Welle Q in jeder Kammer eine Scheibe f , die mit der Welle und den Flügeln rotiert und zwischen sich und der der nächstvorhergehenden Kammer zuliegenden Wand so viel Spielraum hat, um die aus einer in die andere Kammer überfließende Säure bequem durchzulassen.

Die Arbeit mit diesem Absorber geschieht in folgender Art: Angenommen, der ganze Apparat sei so weit, wie beabsichtigt, das ist in ungefährer Höhe der Welle, mit 60grädiger Schwefelsäure gefüllt, die Welle Q sei in Bewegung gesetzt, und die zu absorbierenden Dämpfe träten durch das Rohr H in den Teil Z

Rohr g mittels Stützen i in Verbindung, welche Stützen für gewöhnlich durch gusseiserne Pföcke oder Ventile geschlossen sind. Die letzteren können gehoben werden, um die Kammern $e e e \dots$ durch das Rohr g zu entleeren. Zu dem Zwecke läßt sich z. B. im Rohr g selbst eine Hebevorrichtung anbringen, wie etwa eine durchgehende, von außen zu regierende Daumenwelle. Der Teil Z wird durch den letzten Rohrstützen i auf diese Art mit entleert. In jeder der Kammern e befindet sich ein Rührflügel und in dem Teil Z deren mehrere, alle auf einer gemeinschaftlichen Welle Q sitzend, welche in geeigneter Weise, z. B. durch Räder $d d$, in Umdrehung versetzt werden. Der Zwischenraum zwischen je zwei Kammern $e e$ wird oben überdeckt bzw. abgeschlossen durch je eine Wand k , in welcher eine geeignete Austiefung für die Welle vorgesehen ist. Von dieser Aussparung aus steigen die erwähnten Wände nach der Absorberperipherie hinan. Damit wird erreicht, daß das in den Kammern e befindliche und durch die rotierenden Flügel in Bewegung gesetzte Absorbens nicht über die ganze Breite weg von einer Kammer in die andere übertreten kann, sondern nur durch die Aussparung unter und neben der sich bewegenden Welle Q . Die gewöhnliche Standhöhe des Absorbens (Schwefelsäure) wird dann auch ohne Rücksicht auf den etwaigen Zufluß sich mindestens auf die Höhe der Sohle der Aussparung einstellen und nur, wenn in der ersten Kammer ein Zufluß von Säure stattfindet, dieser Spiegel, angemessen dem erwähnten Zufluß, der durch den Rohrstützen a erfolgt, sich erhöhen, worauf die Säure aus Kammer Nr. 1 in 2 und aus 2 in 3, aus 3 in 4 etc. übertritt. Um bei dieser Bewegung der Säure von einer Kammer in die nächstfolgende jener eine Richtung nach abwärts zu geben, befindet sich auf der Welle Q in jeder Kammer eine Scheibe f , die mit der Welle und den Flügeln rotiert und zwischen sich und der der nächstvorhergehenden Kammer zuliegenden Wand so viel Spielraum hat, um die aus einer in die andere Kammer überfließende Säure bequem durchzulassen.

Die Arbeit mit diesem Absorber geschieht in folgender Art: Angenommen, der ganze Apparat sei so weit, wie beabsichtigt, das ist in ungefährrer Höhe der Welle, mit 60grädiger Schwefelsäure gefüllt, die Welle Q sei in Bewegung gesetzt, und die zu absorbierenden Dämpfe träten durch das Rohr H in den Teil Z

ein. Hier werden sie nun zunächst durch die in demselben befindliche Säure aufgenommen und diese dadurch verdünnt. Ist die Verdünnung auf einen gewissen Grad gekommen, so wird die in der zunächst dem Teil *Z* liegenden Kammer befindliche Schwefelsäure, da sie noch einen höheren Konzentrationsgrad hat als die in *Z* schon herabgeminderte, anfangen, Dämpfe aufzunehmen und so auch sich verdünnen. Ist die Verdünnung in dieser erwähnten Kammer bis auf einen gewissen Grad erfolgt, der ungefähr demjenigen Konzentrationsgrade, welcher vorher in *Z* existierte, gleichkommt, und zu gleicher Zeit in *Z* die Konzentration auch wieder etwas herabgemindert, so wird die Säure in der zweitnächst von *Z* abgelegenen Kammer anfangen, Dämpfe aufzunehmen und sich dadurch verdünnen, während in der vorher betrachteten Nachbarkammer und in *Z* die Verdünnung noch weiter fortschreitet. Ist dann die zweitnächste Kammer bei dem gewissen Verdünnungsgrad angekommen, so wird nunmehr die drittnächste Kammer anfangen, Dämpfe etc. aufzunehmen, und so fort alle übrigen bis zu der am weitesten von *Z* entfernten Kammer (in der Beschreibung weiter oben als Kammer 1 bezeichnet), wo die Säure bis zuletzt höchst konzentriert bleibt. Aus dem Raum *Z* wird nun mittels Pumpe oder anderen Förderungsmittels die Säure, wenn sie bis auf 52 bis 53° Bé. herabgemindert ist, herausgenommen, in einem Konzentrator wieder auf 60 bis 61° Bé. konzentriert und durch Stutzen *a* des Absorbers in dessen Kammer 1 eingeführt. Von hier fließt die Säure über in Kammer 2, dann in Kammer 3 etc., bis sie schliesslich nach *Z* kommt. Auf diesem Wege erfährt sie, wie sich aus Vor-erwähntem ergibt, von der Kammer 1 an, wo sie mit höchstem Konzentrationsgrade eintritt, gradatim eine Verdünnung, bis sie in *Z* den niedrigsten Konzentrationsgrad, der angewendet werden soll, erreicht. Auf diese Art hat also die Säure in jeder Kammer einen von der in den übrigen Kammern verschiedenen Konzentrationsgrad, derart, daß dieser von Kammer 1 an bis zum Raum *Z* stufenweise abnimmt, gleichwohl aber beteiligt sich die gesamte Säure an der Absorptionsarbeit. Dadurch stellt sich in den Apparaten *Y* und *Z* eine Kontinuität her, welcher zufolge in jeder Zeiteinheit ein bestimmtes Quantum Dämpfe, Gase etc. zur Absorption kommt. Das Säurequantum, welches bei diesem Verfahren aus *Z* ausgepumpt und konzentriert in Kammer 1

wieder eingeführt werden muß, ist hierbei so klein, daß etwa für je 100 kg Eis, welche eine mit dem Absorber in Verbindung stehende Vacuum-Eismaschine herstellen soll, nur ca. 116 kg verdünnte Säure aus *Z* entnommen und dafür 100 kg konzentrierte Säure der Kammer 1 wieder zugeführt zu werden brauchen. Bei Benutzung dieses einen kontinuierlichen Betrieb der Eismaschine ermöglichenden Verfahrens soll demnach äußersten Falls nicht mehr Säure konzentriert werden müssen als bei dem oben erwähnten intermittierenden. Dies würde allerdings ein bedeutender Vorteil sein. Aber selbst die Zweckmäßigkeit der kontinuierlichen Wirkung der Absorption beiseite gelassen, soll ein Absorber, welcher nur den Teil *Y* aufweist (und auf die Benutzung dieses Teiles allein bezieht sich die neue patentierte Erfindung) schon deshalb von großer Wichtigkeit, z. B. für die intermittierende Art der Kälteerzeugung mit der Vacuum-Eismaschine sein, weil der Absorber eine weit größere (beinahe dreimal so große) Kühlfläche für dieselbe Menge des absorbierenden Mediums (Schwefelsäure) wie früher darbietet.

Nehrlich's Vacuum-Kühlmaschine.

Eine neuere Kühlmaschine unter Anwendung des Vacuum-Prinzips ist von Hugo Nehrlich in Berlin konstruiert worden, deren Skizze Fig. 68 zeigt. Diese Maschine zum Abkühlen von flüssigen Stoffen beruht auf Verdampfung derselben im luftleeren Raum, ohne Zuhilfenahme von Dampf absorbierenden Materialien. Die Maschine besteht aus einem luftdicht verschlossenen Gefäße mit oder ohne Rührwerk, mit oder ohne Scheidewände, das entweder kontinuierlich von der abzukühlenden Flüssigkeit durchströmt, oder welches auf einmal damit beschickt wird. Auf dem Gefäße sitzt ein Pumpwerk zum Wegschaffen der Dämpfe, bestehend aus zwei einfach wirkenden, aufrechten, oben offenen Cylindern, deren Kolben und Druckventile beständig von Wasser bedeckt sind, deren Saugventile gesteuert werden,

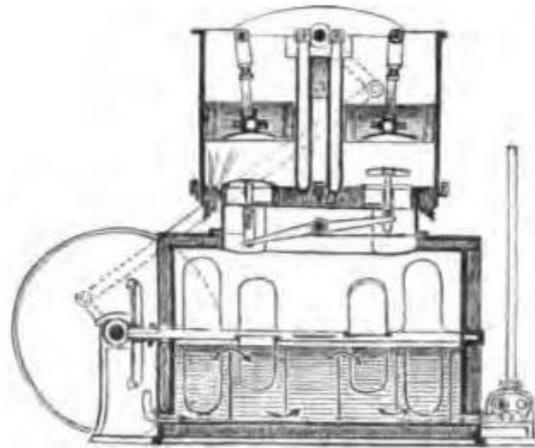


Fig. 68.

deren schädliche Räume auf ein Minimum reduziert sind, und in welche, wenn der Kolben abwärts geht, direkt eingespritzt wird. Es scheint mit dieser Maschine mehr das Prinzip als eine bestimmte Konstruktion patentiert worden zu sein, von welcher eine praktische Ausführung übrigens nicht bekannt geworden ist.

Vacuum-Kühlmaschine von Welz.

Eine andere Vacuum-Kühlmaschine ist von Emil Welz in Breslau (D. R. P. Nr. 31229) konstruiert worden, und zwar hat

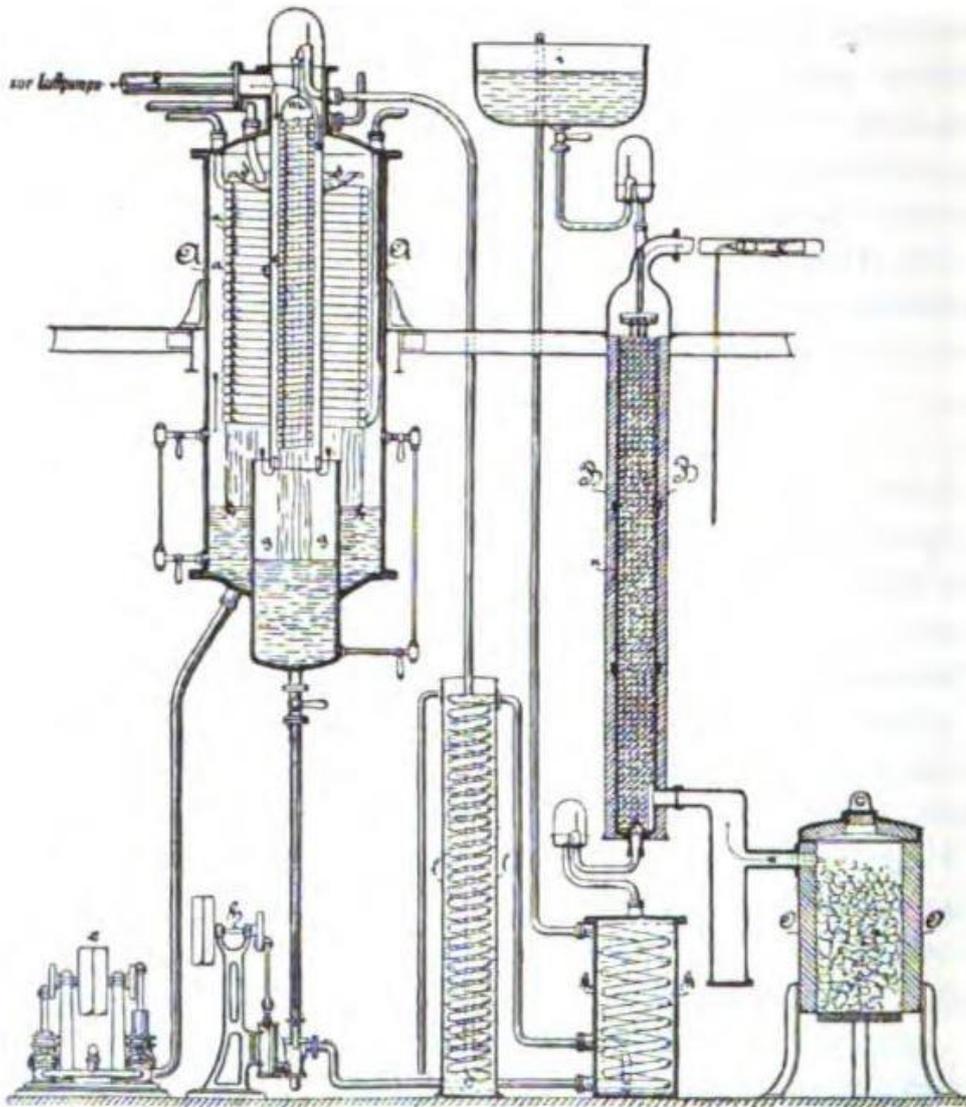


Fig. 69.

die Maschine speziell den Zweck, schwer gefrierbare Salzlösungen unter 0° abzukühlen. Die in Fig. 69 skizzierte Maschine besteht im wesentlichen:

1. aus dem Verdampfungs- und Dampfabsorbierungsgefäß *A*, dem sog. Refrigerator;
2. aus dem Schwefelsäurekonzentrator *B* und
3. aus einer in der Zeichnung nicht weiter dargestellten Luftpumpe, welche ein tiefes Vacuum von weniger als 4 mm Quecksilbersäule hervorzubringen imstande ist.

Der Refrigerator ist in zwei konzentrische Kammern geteilt. In der äusseren Kammer *a* findet die Verdampfung der abzukühlenden Flüssigkeiten statt. Im Innern dieser Kammer sind vertikal zwei wellenförmige Flächen *a'* angeordnet, welche für sich einen mit dem Refrigerator nicht in Verbindung stehenden Innenraum bilden. In der Zeichnung sind diese wellenförmigen Flächen durch schlangenförmige, dicht aufeinander gelegte Rohre gebildet. Ausserhalb der wellenförmigen Flächen *a'* rieselt die abzukühlende Flüssigkeit in dünner Schicht herab. Durch die hierdurch dargebotene grosse und fortwährend bewegte Oberfläche findet im tiefen Vacuum eine rasche Verdampfung statt, wodurch der nicht verdampfende Teil der Flüssigkeit bedeutend unter 0° abgekühlt wird. Im Innern der wellenförmigen Flächen *a'* zirkuliert eine andere Flüssigkeit, welche durch Kontakt gekühlt wird. Es findet also Kältebildung sowohl direkt durch Verdampfung als auch durch Kontaktwirkung statt. Die durch Verdampfung abgekühlte Flüssigkeit sammelt sich im Raum *b*, wird von dort durch die Pumpe *c* angesaugt und nach dem Orte der Verwendung gedrückt. Von dort kehrt dieselbe in den Refrigerator auf den Verteilungsteller *d* zurück, berieselt wiederum die Flächen *a'* u. s. w. Auf diese Weise findet eine fortwährende kontinuierliche Kältebildung statt.

In der inneren, mit *a* kommunizierenden Kammer *e* des Refrigerators findet die Absorption der in der Kammer *a* entwickelten, bei den eingezeichneten Pfeilen in *e* übertretenden Dämpfe statt. Die nicht absorbierten Dämpfe, sowie durch etwa vorhandene Undichtigkeiten eintretende Luft, werden von einer hierzu geeigneten Luftpumpe durch das Rohr *f* abgesaugt.

In der Kammer *e* sind wieder zwei wellenförmige Oberflächen *e'* mit geschlossenem Innenraum angeordnet, ähnlich wie in der Kammer *a*. An der Aussenseite dieser Flächen rieselt kontinuierlich Schwefelsäure herab; den entgegenströmenden

Dämpfen wird hierdurch eine große Oberfläche geboten, so daß dieselben gierig aufgesaugt werden. Im Innern der Flächen e' zirkuliert Kühlwasser zur Abkühlung der durch die Aufnahme der Dämpfe stark erhitzten Schwefelsäure. Die verdünnte Schwefelsäure sammelt sich in dem Topfe g und wird von hier durch die Pumpe h herausgesaugt und durch den Vorwärmer k nach dem Sammelbassin i gedrückt. Von dort gelangt dieselbe in den Schwefelsäurekonzentrator B . Die konzentrierte heiße Schwefelsäure kommt aus dem Konzentrator in den Vorwärmer k und wird durch Kontakt von der gleichzeitig durch den Vorwärmer strömenden kalten, verdünnten Säure abgekühlt. Eine weitere Abkühlung durch Kühlwasser findet in dem Kühlapparate l statt. Von hier gelangt die nunmehr kalte, konzentrierte Säure nach dem Verteilungsteller m in der Kammer e des Refrigerators, rieselt wieder über die wellenförmigen Flächen e' u. s. w. Es findet also auch hier bei der Dampfabsorption und Konzentration der Schwefelsäure ein kontinuierlicher Kreislauf statt.

Der Schwefelsäurekonzentrator B besteht im wesentlichen aus einem Thon- oder Porzellancyylinder n , der mit einem Blechmantel umgeben ist. Der Zwischenraum zwischen Mantel und Cylinder ist mit einem schlechten Wärmeleiter ausgefüllt, während das Innere des Cylinders Glas- oder Porzellankugeln füllen. An seinem unteren Ende steht der Konzentrator B mit einem Koksofen o , an seinem oberen Ende mit einem Exhaustor p in Verbindung. Der Vorgang bei der Schwefelsäurekonzentration ist nun folgender: Die im Koksofen o befindlichen Koks werden zum Glühen gebracht; mittelst des Exhaustors p werden die heißen Koksgase durch den Konzentrator B hindurchgesaugt und die Glaskugeln dabei stark erhitzt. Die aus dem Sammelbassin i kommende verdünnte Säure strömt nun über die heißen Glaskugeln dem heißen Luftstrom entgegen. Das in der Schwefelsäure enthaltene Wasser gelangt hierbei zur Verdampfung, und die Säure wird demnach am unteren Ende des Konzentrators stark konzentriert anlangen. Durch die im unteren Teile des Konzentrators herrschende Hitze wird die Schwefelsäure aber auch zum Teil verdampfen. Die Schwefelsäuredämpfe werden sich jedoch im oberen, kälteren Teil des Konzentrators niederschlagen, so daß nur reine Wasserdämpfe zur Entweichung gelangen. Sollten trotzdem noch Säuredämpfe mitgerissen werden, so läßt sich zum Zwecke des vollständigen

Niederschlagens derselben zwischen Konzentrator *B* und Exhaustor *p* noch eine Kühlvorrichtung einschalten.

Die Patentschrift registriert noch eine andere Einrichtung für die Dampfabsorbierung in der Kammer *e* in drei verschiedenen Modifikationen. Die Schwefelsäure wird durch einen Zerstäubungsapparat eingeführt; durch die hierbei bewirkte feinste Verteilung der Schwefelsäure wird die größte Ausnutzung derselben erreicht. Außerdem ist es durch die feine Zerteilung möglich, andere dampfabsorbierende Flüssigkeiten, wie beispielsweise Natronlauge u. s. w., zu verwenden. Allerdings wird hierbei durch Einführung der zur Zerstäubung notwendigen Luft die Arbeit der Luftpumpe vergrößert.

Die Kühlung der durch die Dampfabsorption erhitzten Flüssigkeit erfolgt durch Wasserzirkulation, sowohl in dem Mantel der Kammer *e*, als auch in besonderen Kühlröhren, welche aus zwei ineinander geschobenen Röhren bestehen. Das Kühlwasser tritt in das erstere Rohr ein, kühlt die sich auf diesem Rohre niederschlagende Absorptionsflüssigkeit und wird durch das innere Rohr wieder fortgeleitet. Die Kühlröhre und die dazu gehörige Kühlkammer sind aber an sich nicht Gegenstand des Patentes. Die Hauptunterschiede der drei Modifikationen liegen in der verschiedenen Richtung der Strömung des Kühlwassers; dasselbe bewegt sich von unten nach oben und zurück, oder von oben nach unten und zurück, oder endlich in nahezu horizontaler Richtung. — Von einer praktischen Ausführung dieser Neuerung ist nichts bekannt geworden.

Andere Vacuum-Maschinen.

Ein weiterer auf dem Prinzip der Verdunstung von Wasser unter Zuhilfenahme der Absorption durch Schwefelsäure beruhender Kühlapparat ist der von L. Reese in Dortmund (D. R. P. Nr. 29286). Dieser Kühlapparat (Fig. 70) besteht aus einem Refrigerator *A*, einer Luftpumpe *B*, einer Kühlrohrleitung *F* und einem Wasserstrahlinjektor *S*. In dem oberen Teile des Refrigerators befindet sich ein Gefäß *J*, in welchem eine stark wasseranziehende Flüssigkeit, z. B. Schwefelsäure, welche unter Luftabschluss aus einem Reservoir *H* kommt, zerstäubt wird. Die Kühlrohrleitung zieht in Windungen durch den zu kühlenden Raum, vereinigt sich

vor dem Refrigerator mit dem Wasserstrahlinjektor und mündet in den Refrigerator in einer Zerstäubungsvorrichtung.

Die Wirkung der Maschine ist folgende: Das Druckwasser der Leitung *G* saugt mit Hilfe der Strahlpumpe die Salzlösung der Kühlrohrleitung an und treibt sie, sich innig mit ihr vermischend, fein zerstäubt in den Refrigerator. Bei der Zerstäubung findet infolge des durch die Luftpumpe erzeugten Vacuums eine lebhaftere Verdunstung und dadurch Abkühlung der Flüssigkeit statt, während die eingespritzte Schwefelsäure den gebildeten

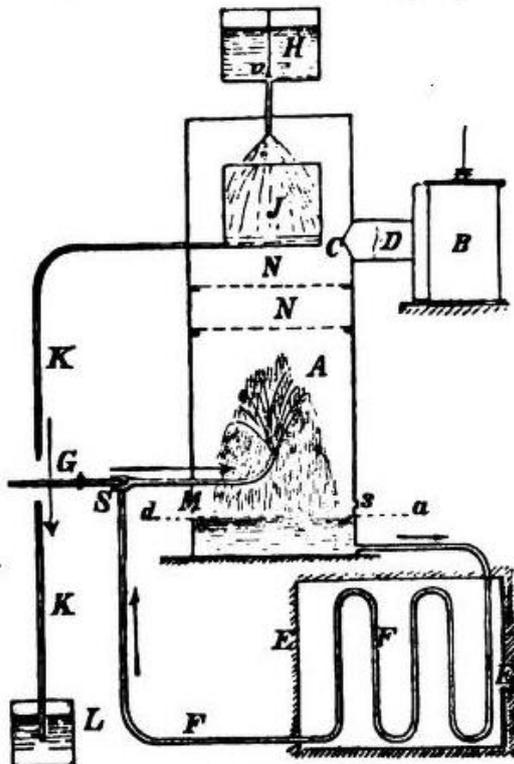


Fig. 70.

Wasserdampf begierig absorbiert und dadurch die Wirkung der Luftpumpe unterstützt. Die abgekühlte Flüssigkeit sammelt sich an dem Boden des Refrigerators, durchfließt vermöge der durch den Wasserstrahlapparat herbeigeführten Zirkulation die Kühlrohrleitung, mischt sich nach Ausnutzung ihrer Kälte mittels des Strahlapparates mit neuem Wasser und kehrt in den Refrigerator zurück. Die Schwefelsäure, welche sich bei der Absorption des Wassers verdünnt und erhitzt hat, sammelt sich am Boden des Gefäßes *J* und fließt von da sofort durch das Barometerrohr *K*

zum Gefäße *L* ab. Der Dampf der zerstäubten Flüssigkeit wird von mitgerissenen Wassertropfen durch Passieren von Sieben *N* befreit. — Der beschriebene Apparat wird auch in veränderter Ausführung (Zusatzpatent Nr. 29711) und zwar wie folgt gebaut: Zur Verteilung der Salzlösung und der Schwefelsäure in dem Refrigerator der Maschine, welche zu der die Abkühlung hervorruhenden schnellen Verdunstung des Wassers, bzw. zur raschen Absorption des Wasserdampfes erforderlich ist, werden beide Flüssigkeiten nicht mehr zerstäubt, sondern rieseln über aufgehäuftes Füllmaterial, z. B. Koke, Scherben, Steine, Holz, Späne oder Dornen, oder über terrassenförmig übereinander aufgestellte Schalen, oder an spiralförmig gewundenen oder einander um-

gebenden Flächen aus Metall oder Zeug herab, oder sickern durch die Wände poröser Thongefäße hindurch.

In jüngster Zeit hat man den Vorschlag gemacht, die Luftverdünnung und Absorption des Wassers mittels Strahlapparaten zu bewirken; nachdem als absorbierende Flüssigkeit Schwefelsäure verwendet wird, müßten diese Strahlapparate aus Hartblei angefertigt werden. Ein solcher Apparat müßte nach Harasson bestehen: aus der das Vacuum erzeugenden Maschine, also dem Strahlapparate nebst dem speisenden und aufsaugenden Behälter, der gleichzeitig zur Absorption der Wasserdämpfe eingerichtet ist; dem Verdampfungsapparat, in welchem sich die Abkühlung der Gefrierflüssigkeit vollzieht, und endlich dem Apparate, in welchem die durch Aufnahme der Wasserdämpfe verdünnte Schwefelsäure wieder konzentriert wird. Zum Heben der Schwefelsäure aus dem auffangenden nach dem den Strahlapparat speisenden Behälter, bzw. dem noch höher stehenden Konzentrator, ist eine verhältnismäßig sehr geringe mechanische Arbeit erforderlich, da zur Erzeugung von 500 kg Eis in der Stunde nur 0,141 Pferdekraft notwendig sind. Der Verdampfungsapparat besteht aus einem aufrechtstehenden Cylinder, in welchem horizontal gelagerte, durchbrochene und mit Kies bedeckte Platten in gleichförmigen Abständen eingelegt sind. Die abzukühlende Salz- oder Chlorcalciumlösung tritt oben in den Cylinder ein, träufelt, von der Kiesschicht aufgehalten, von Platte zu Platte, verdampft zum Teil in dem hohen Vacuum und entzieht dem restlichen Wasser die durch die Verdampfung gebundene Wärme. Das auf dem Boden des Gefäßes sich ansammelnde abgekühlte Wasser wird durch eine Pumpe in eine Röhrenleitung gedrückt, die zu Kühlzwecken dient und wiederum oben in den Verdampfungsapparat endet, in welchem das erwärmte Kühlwasser eintritt. Das verdampfte Wasser wird durch eine Wassereinspritzung wieder ersetzt. Um beispielsweise stündlich 500 kg Eis erzeugen zu können, müssen dem Wasser 47 000 Calorien entzogen werden, was durch Verdampfung von 87 oder rund 100 kg Wasser in einer Stunde erreicht wird. Diese Dämpfe, einschließlic 2½ % gleich 2,5 l Luft sind stündlich durch den Strahlapparat zu entfernen, bzw. durch die Schwefelsäure zu absorbieren. Die Konzentration der Schwefelsäure geschieht in einem unter einem Vacuum stehenden Bleigefäße, in welchem aus spiralförmig ge-

wundenen Bleischlangen konkave und konvexe Schalen gebildet werden, über welche die verdünnte Schwefelsäure hinwegrieselt. Die Schlangen sind mit Dampf geheizt. Auf dem Boden des Gefäßes sammelt sich die konzentrierte Schwefelsäure und fließt in den speisenden Behälter zum weiteren Eintritt in den Kreislauf. Zum Heben der Säure in den Konzentrator genügt eine ganz geringe Kraft. An Wärme sind zur Konzentration der verdünnten Schwefelsäure 64000 Calorien erforderlich. Das Heben der verdünnten Säure nach dem Konzentrator wird, da gewöhnlich Hebeapparate dem zerstörenden Einflusse der Schwefelsäure nicht widerstehen, durch einen Apparat bewerkstelligt, bei welchem die Schwefelsäure weder mit Kolben noch mit Stopfbüchsen in Berührung kommt. Dieser Apparat besteht aus einer kolbenlosen, einseitig wirkenden, trockenen Luftpumpe, von deren Boden ein Luftrohr nach einem in dem auffangenden Behälter des Strahlapparates befindlichen Hartbleigefäße mündet, welches mit einem Saug- und Druckventil versehen ist. Die komprimierte Luft expandiert bei dem sich wiederholenden Kolbenrückgang in die Luftpumpe zurück und gestattet aufs neue den Eintritt der Säure in das Bleigefäß, die bei weiterem Vorgange des Kolbens in das Druckrohr verdrängt wird. Der Brennstoffverbrauch einer derartigen Eismaschine von 500 kg stündlicher Erzeugung beträgt zusammen 15 kg Kohle pro Stunde, und es resultieren demnach für 1 kg Kohle 33,3 kg Eis. Bei der großen Einfachheit eines solchen Apparates gegenüber den bis jetzt gebräuchlichen ist selbstverständlich auch der Anschaffungspreis ein bedeutend geringer. Nach diesem Verfahren lassen sich Kühlmaschinen selbst für den Hausbedarf herstellen. Ein solcher für den Hausbedarf zu benutzender Apparat besteht aus einem tragbaren, mit Blei ausgefütterten und mit konzentrierter Schwefelsäure gefüllten Gefäße. An der unteren Seite des Deckels dieses Gefäßes ist eine kleine Zentrifugalpumpe angebracht, und kann dieselbe durch Kurbel und Winkelräder in eine sehr schnelle Bewegung versetzt werden. Die Schwefelsäure wird angesaugt und durch einen kleinen, ebenfalls am Deckel befestigten Strahlapparat getrieben. Die Saugkammer dieses Strahlapparates steht mit einem auf dem Deckel stehenden Rezipienten in Verbindung, unter welchen man die zu kühlende Flüssigkeit stellt. Mit 50 l Schwefelsäure kann man ungefähr 10 l Wasser absorbieren,

mittels deren 5000 Calorien einer Flüssigkeit entzogen werden können.

Eine weitere Neuerung für Vacuum-Eismaschinen mit einer Vacuum-Gefrier- oder Kühlkammer, in welche die Gefrierzellen eingehängt sind, hat Julius Csete in Birmingham konstruiert (D. R. P. No. 38733). Die Abbildung (Fig. 71) zeigt einen vertikalen Längsschnitt des Apparates; *a* ist eine Gefrierkammer, in

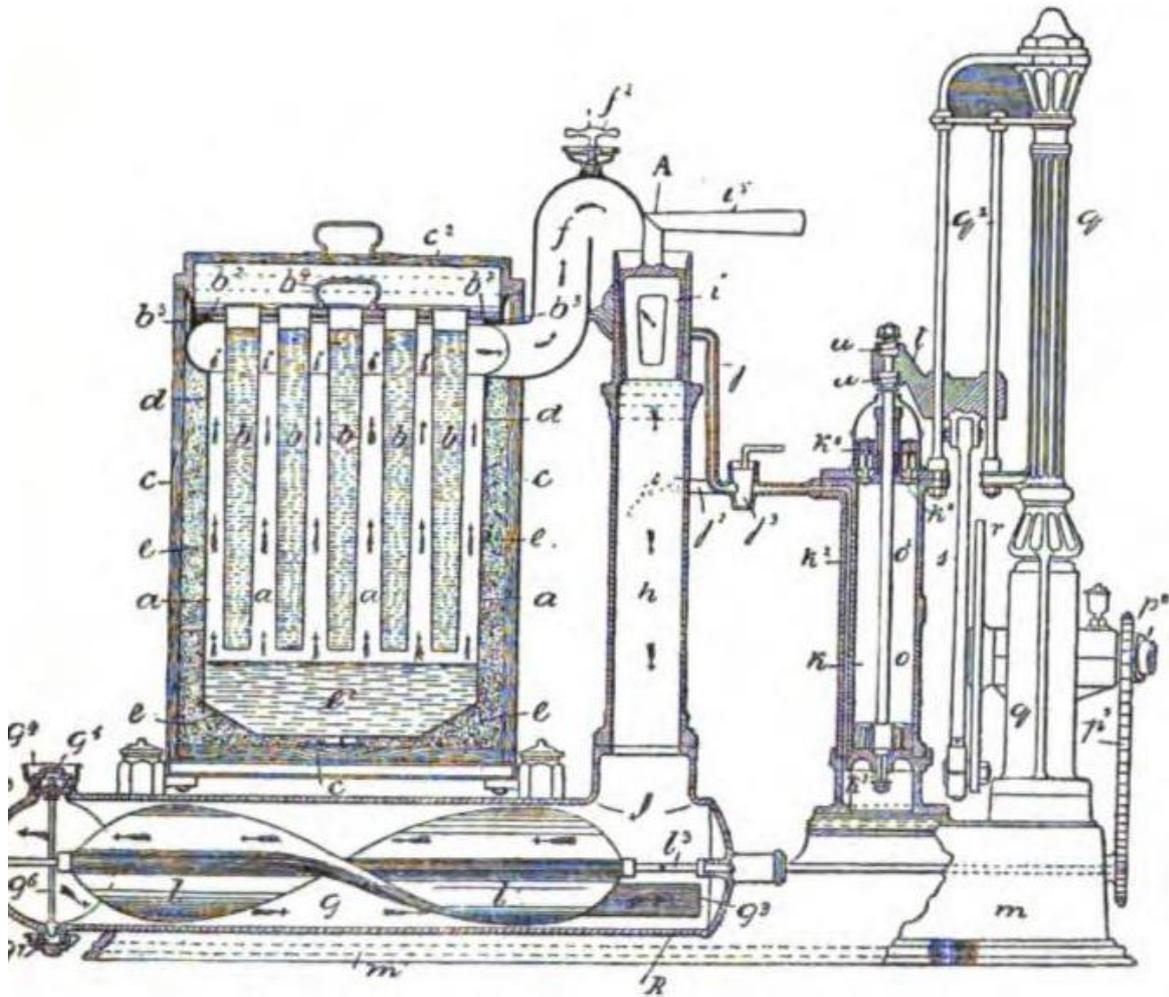


Fig. 71.

welche Behälter *b*, in denen das Eis hergestellt wird, herabhängen, *b*² ist eine die Behälter *b* tragende Platte, welche auf einer Gummiunterlage ruht, um einen dichten Abschluss zwischen dem abhebbaren Oberteil *c*² und der Gefrierkammer *a* herzustellen. Letztere hat doppelte Wandungen *c* und *d*, deren Zwischenraum mit Salz (*e*) ausgefüllt ist. Unten in der Gefrierkammer befindet sich eine starke Sole *e*²; *b*⁴ sind Griffe, um die Platte *b*² und die Behälter herausheben zu können. *gg*¹ ist ein U-förmig gestalteter, Säure enthaltender Raum, in dessen einem Schenkel eine aus

einer endlosen Schraube bestehende Umrührvorrichtung l angebracht ist, welche in Lagern l^3 sich dreht, die in einem von der Grundplatte m getragenen Rahmen sitzen. Die Wand zwischen den beiden Schenkeln ist am Ende derselben durch einen Kanal g^3 durchbrochen, so daß durch die Rührvorrichtung die Säure n in beständiger Zirkulation erhalten wird. Das Ablassen der Säure geschieht durch die Öffnung g^7 , welche durch die aus der Abbildung hervorgehende Vorrichtung g^1, g^5 und g^6 geöffnet und geschlossen wird. Auf den Enden der beiden Schenkel gg^1 sind zwei senkrechte Röhren h und h^2 angeordnet, von denen h unten mit g und oben durch ein Rohr f mit der Gefrierkammer in Verbindung steht, während h^2 eine Verbindung von g^1 zu einer Luftpumpe k herstellt. f^2 ist ein Luftventil und i^1 ein die Verbindung zwischen dem Raum gg^1 und der Gefrierkammer abschließender Hahn; die Abbildung veranschaulicht denselben in offener Stellung. An der Luftpumpe befindet sich ein Rohr, in das ein Zweiwegehahn j^3 eingeschaltet ist. Wo derselbe sitzt, teilt sich das Rohr in zwei Arme j^2 und j , von denen j zu der Gefrierkammer und j^3 in das Rohr h^2 mündet. Durch diese Vorrichtung ist es ermöglicht, die Luftpumpe zu gleicher Zeit mit a und gg^1 oder auf Wunsch mit nur je einem dieser Räume zu verbinden. Dies hat den Zweck, vor dem Gefrierprozess etwa in den genannten Räumen befindliche Feuchtigkeit zu entfernen, da sonst die angewendete Säure verdünnt und weniger wirkungsfähig werden würde.

o ist ein mit Ventilen versehener, in dem Cylinder der Luftpumpe k sitzender Kolben. Die Luft tritt durch einen Einlasskanal k^2 und ein Ventil k^3 in die Pumpe ein und verläßt dieselbe durch zwei Austrittsventile k^4, k^4 . Die Bewegung des Pumpenkolbens erfolgt von einer Welle p^2 aus durch eine Kurbelscheibe r und eine Pleuelstange s , welche mittels einer Traverse t , die in Stangen g^2 geführt wird, oben an die Kolbenstange o^2 angreift. Durch eine Zahnradkette p^3 wird die Rührvorrichtung l^3 von der Welle p^2 aus bewegt. Die Pumpe kann mit der Hand oder auch mit Dampf getrieben werden.

Die Kolbenstange a^3 sitzt lose in einer Traverse und ist oberhalb und unterhalb der letzteren mit Bunden versehen. Zwischen den Bunden und der Traverse befinden sich Federn. Die Anbringung dieser Federn gestattet der Kolbenstange nachzugeben,

falls der Kolben mit dem oberen und unteren Ende der Luftpumpe in Berührung kommen sollte. Mit derselben Pumpe können zwei oder mehr Kühlkammern in Verbindung gebracht werden. Der Kühl- oder Gefrierprozess verläuft folgendermaßen: Man füllt den Raum g bis zur erforderlichen Höhe mit Säure, gießt dann eine kräftige Soole in die Gefrierkammer und hängt die Behälter b in sie ein. Das Luftventil f^2 wird geschlossen, die Verbindung des Säureraumes mit der Gefrierkammer durch den Hahn i abgeschnitten und der Hahn j^3 so gestellt, daß die Pumpe nur mit dem Raum gg^1 (durch die Röhre j^2) in Verbindung steht. Hierauf wird die Pumpe in Thätigkeit gesetzt, so daß alle in dem Raum gg^1 enthaltene Luft und Feuchtigkeit durch den Zweiwegehahn in die Pumpe geleitet wird. Ist dies geschehen, so wird der Hahn j^3 so gedreht, daß die Luftpumpe nur mit der Gefrierkammer in Verbindung steht und so alle Feuchtigkeit aus der Gefrierkammer durch das Rohr j entfernt wird. Dann stellt man die Hähne i und j^3 so, daß eine Verbindung zwischen der Gefrierkammer und dem Raum gg^1 und zwischen diesem und der Luftpumpe hergestellt ist. Die in dem Apparate zurückgebliebene Luft wird nun in der durch die Pfeile angegebenen Richtung entfernt, indem sie von der Kammer a aus durch das Rohr f , den Hahn i , das Rohr h , den Raum gg^1 , das Rohr h^3 und j^2 in die Luftpumpe tritt. Die endlose Schraube l wird gleichzeitig in Rotation versetzt und so die Säure in Circulation erhalten.

Wird kein Widerstand mehr bemerkbar, so ist dies ein Zeichen, daß Luft und Dampf entfernt und das Wasser in den Gefäßen b in feste Eisblöcke umgewandelt worden ist. Bei einem derartigen konstruierten, die Säure enthaltenden Raum wird eine sehr vollständige Absorption und bald eine sehr niedrige Temperatur erzielt und das Wasser in feste Eisblöcke verwandelt. — Um die Behälter b entfernen zu können, wird f^2 geöffnet, und Luft eingelassen.

Ob diese Neuerung sich in der Praxis bereits bewährt hat, ist nicht bekannt geworden.

Noch ein seltsamer Vorschlag der Temperaturerniedrigung durch Verdunstung muß schließlicly erwähnt werden. J. B. Toselli in Paris läßt ein spiralförmig gewundenes Rohr in einem Gefäß mit Wasser rotieren, aus dem es zugleich jedes-

mal eine gewisse Menge schöpft und in ein daneben befindliches Gefäß überträgt, von wo es in einem Schlangenrohr in das erste Gefäß wieder zurückläuft. Bei der Drehung benetzt sich die Spirale an der ganzen Oberfläche; ein Ventilator bläst Luft auf dieselbe, verdunstet das anhängende Wasser und erniedrigt dadurch die Temperatur des Rohres und des darin befindlichen Wassers. Je nach der Witterung soll eine Abkühlung von $2,7^{\circ}$ bis $18,3^{\circ}$ erfolgen. In dem zweiten Gefäß, welches von dem kalten Wasser in einem Schlangenrohr durchlaufen wird, befindet sich die zu kühlende Flüssigkeit, z. B. Bierwürze. Der Erfolg hierbei kann nur ein geringer sein, da er ganz von der Temperatur und dem nie fehlenden Feuchtigkeitsgehalt der Luft abhängt. Die Nafskälte eines am Versuchsorte aufgestellten Psychrometers bestimmt denselben mit ziemlicher Genauigkeit im voraus.