ANNALEN DER PHARMACIE.

XVIII. Bandes erstes Heft.

Erste Abtheilung.

Physik, Chemie und pharmaceutische Chemie insbesondere.

Abdampfung flüssiger Körper mittelst durchgeleiteter Luft. *)

VON

Dr. H. Buff.

Man hat schon öfter vorgeschlagen, die Abdampfung flüssiger Körper durch Eintreiben von Luft zu bewerkstelligen, und hat dieses Mittel neuerdings an mehreren Orten auch wirklich in Ausführung gebracht. Eine gründliche Untersuchung dieses Gegenstandes mit Rücksicht auf praktische Anwendbarkeit schien mir daher nicht ohne einige Wichtigkeit zu seyn.

*) Die in der Abhandlung des Hrn. Dr. Buff enthaltenen Resultate sind für die Abdampfung von Syrupen, Extracten unterhalb der Temperatur wobei sie eine Veränderung erleiden, von großer praktischer Wichtigkeit.

Ein Kessel von Kupfer oder Zinn, mit einem sehr feine durchlöchernten Boden, ein Blasbalg mit einer Röhre die unterhalb, in die Mitte des Gefäßes z. B., den doppelten Boden ableitet wird, diese ist der einfache und wenig kostspielige Apparat mit welchem die Abdampfung von Syrupen und Extra-

Diese Art der Abdampfung läßt sich auf zweierlei dem Verlauf der Sache nach wesentlich verschiedene Weise anwenden, nämlich:

1) als bloßer Verdunstungsproceß, indem die Flüssigkeit nicht erwärmt wird und die Luft selbst die zur Dampferzeugung erforderliche Wärme liefert;

2) mit gleichzeitiger Erwärmung der Flüssigkeit, wobei das Eintreiben der Luft nur dazu dienen kann, den Siedepunkt zu erniedrigen.

Wir wollen jede dieser Methoden für sich betrachten.

Abdampfung bei gewöhnlicher Temperatur.

Es ist bekannt genug, daß die Luft an und für sich nichts zur Verdunstung beitragen kann, aber sie liefert den Dämpfen einen Raum, worin sich diese verbreiten können. Luftwechsel befördert also die Verdunstung, in so fern, als dadurch die mit Dampf bereits gesättigten Räume weggeführt, und andere noch ungesättigte an ihre Stelle gebracht werden. Je rascher der Luftwechsel, um so

bis zu einer gewissen Consistenz, in einer wenigstens hundertmal kürzeren Zeit und eine verhältnüsmäßig sehr großen Ersparniß an Brennmaterial, als wie in dem gebräuchlichen Dampf- oder Wasserbade, bewerkstelligt werden kann.

Man glaube nicht daß das Durchtreiben von Luft, die Materien welche in der zu verdampfenden Flüssigkeit gelöst sind, mehr verändert, als wie bei der gewöhnlichen Methode. Denn wenn die Flüssigkeit nicht siedet, verdampft sie nur in so fern als der Raum, d. h. die Luft wechselt, mit der ihre Oberfläche in Berührung ist. Nach beiden Methoden ist diese Luftmenge dieselbe, nur mit dem Unterschiede, daß bei dem Hindurchtreiben der Luft die Oberfläche der Flüssigkeit unendlich vergrößert wird, aber in dem nämlichen Verhältnisse wird die Abdampfung beschleunigt.

J. L.

häufiger wiederholt sich diese Bedingung und um so schneller wird die Verdunstung vor sich gehen.

Wird der Luftstrom durch künstliche Mittel hervorgebracht, so ist es nicht genug ihm eine große Schnelligkeit zu geben, sondern es muß auch dafür gesorgt werden, daß er sich so vollständig wie möglich mit Feuchtigkeit sättigen kann, weil, wenn dies z. B. nur zur Hälfte geschieht, die Hälfte der bewegenden Kraft ohne Nutzen angewendet wird. Ein Luftstrom, der nur über die Oberfläche einer Flüssigkeit hinstreicht, kann sich nicht leicht vollständig damit sättigen, wenn nicht die Bewegung sehr langsam oder die flüssige Oberfläche sehr groß ist. Man hat daher versucht eine vollständigere Sättigung dadurch zu bewirken, daß man ein den Salzgradirwerken entlehntes Verfahren anwendete. Montgolfier der zuerst diesen Weg einschlug, scheint dadurch gute Resultate erhalten zu haben. Für die Anwendung im Großen würde jedoch dieses Verfahren zu umständlich und kostbar und überdies nur für solche Flüssigkeiten brauchbar seyn, die der Zersetzung durch äußere Einflüsse nicht unterworfen sind.

Ohne Beihülfe eines so zusammengesetzten Apparates und mit größerer Vollständigkeit läßt sich die Luft mit Feuchtigkeit sättigen, wenn man sie geradezu durch die zu verdunstende Flüssigkeit treibt.

Man braucht zu diesem Zwecke ein Gefäß mit doppeltem Boden. Die Luft wird mittelst einer Gebläsevorrichtung in diesen Zwischenraum geprefst und steigt durch eine große Menge möglichst enger Oeffnungen des oberen Bodens in der Flüssigkeit empor, welche das Gefäß einige Zoll hoch anfüllt. Wasser welches zur Dunstbildung keine andere Wärme zu verwenden hat als seine eigne und die der Luft, womit es in Berührung kommt, erniedrig gleich-

mäßig seine Temperatur und die der Luft, so lange bis die letztere mit Feuchtigkeit gesättigt ist. Da nun der Sättigungsgrad der Luft mit der Temperatur abnimmt, so muß ein Luftstrom der durch Wasser geführt wird, endlich eine stationäre Temperatur in demselben hervorbringen. Die durchströmende Luft, indem sie sich zu dieser Temperatur abkühlt, verliert gerade so viel Wärme, als zur Bildung der Dunstmenge, womit sie sich sättigt erforderlich ist. Diese Verdunstungstemperatur, sobald sie unveränderlich geworden, ist übrigens unabhängig von der Stärke des Luftstroms, denn eine größere Luftmasse, die man, bei sonst ungeänderten Umständen, mit der Flüssigkeit in Berührung bringt, kann nichts anders bewirken, als daß die Dunstmenge verhältnismäßig vergrößert wird.

Enthält die Luft schon im Voraus Feuchtigkeit aufgelöst, doch ohne damit gesättigt zu seyn, so ändert dieß nicht ihr Verhalten im Allgemeinen; nur muß in diesem Falle die vollständige Sättigung schneller eintreten, die Erniedrigung der Temperatur und folglich die Wärmeabgabe weniger bedeutend seyn.

Man sieht ohne Mühe, daß die Wirkung des Luftstroms hier ganz dasselbe hervorbringt, was man am Psychrometer des Herrn August im Kleinen beobachtet. Aus den Angaben dieses Instrumentes läßt sich also jeder Zeit im Voraus bestimmen, unter welchen Verhältnissen die Verdunstung mittelst eines Luftstroms von gewöhnlicher Temperatur vor sich gehen wird. Der Stand des befeuchteten Thermometers gibt die unveränderliche Verdunstungstemperatur, die Differenz beider Thermometer die Wärmeabgabe welche der Dampfbildung zu Gute kommt.

Der Apparat dessen ich mich bediente um Wasser durch eingepresste Luft zu verdunsten, bedarf keiner nähe-

ren Beschreibung, das Nöthige ist bereits weiter oben darüber gesagt worden. Als Gebläse dient ein gewöhnlicher Schmiedablesel. Es ist von Wichtigkeit daß das Lufrrohr nicht zu tief unter das Wasser geht, weil die Höhe des Wasserstandes über der Mündung desselben als Gegendruck wirkt. Damit sich die Luft dessenungeachtet mit Feuchtigkeit sättigen könne, sucht man durch Anbringung eines doppelten durchlöcheren Bodens auf eine mögliche Zertheilung derselben hinzuwirken. — Mehrere Beobachtungen zeigten, daß bei dieser Anordnung und bei einer Wasserhöhe von zwei Zoll (über der Oeffnung des Lufrrohrs), die Temperatur der Flüssigkeit nach und nach bis zu derjenigen der Nafskälte des Psychrometers herabsinkt, dann aber stationär bleibt. Ich schloß hieraus, daß sich unter diesen Umständen die durchströmende Luft mit Feuchtigkeit vollständig sättigt.

Nimmt man nun die mittlere Lufttemperatur zu 16° C. die Nafskälte zu 4° niedriger, als das höchste was für die mittlere Differenz des trocknen und feuchten Psychrometer-Thermometers angenommen werden darf; so folgt daß die Luft im Mittel 4° Wärme verwendet um sich mit Dunst zu sättigen. Die specif. Wärme der Luft beträgt ungefähr $\frac{1}{8}$ von der des Wassers. Durch den Wärmeverlust der Luft kann daher ein gleiches Gewicht Wasser nur um 1° erwärmt werden. Nun braucht aber das Wasser bei der Verdunstungstemperatur von 12° , $640 - 12 = 628^{\circ}$ Wärme um sich in Dampf zu verwandeln. Zur Verdunstung eines jeden Pfundes Wassers sind folglich mindestens 628 Pfund oder 6900 K. F. Luft erforderlich. Gesetzt diese Luftmasse würde mit einer Spannung von nur 2 Zoll Wasser eingepreßt, so würde gleichwohl zur Verdampfung von 100 K. F. Wasser die ungeheure Kraft von 40—50

Pferden einen ganzen Tag hindurch angewendet werden müssen. Um dieselbe Quantität Wasser über freiem Feuer abzdampfen, bedarf man höchstens 1000 Pfund Steinkohlen, oder im Geldwerth in hiesigen Gegenden 3 Thaler! — Man begreift hiernach, daß diese Abdampfungsmethode nur unter ganz besonderen Umständen, und selbst dann nur in der günstigsten Jahreszeit ein vortheilhaftes Resultat gewähren kann.

An mehreren Orten hat man dieses Verfahren auf eine etwas veränderte Weise in Anwendung gebracht, indem man nämlich die Luft vor dem Einpressen in die zu verdampfende Flüssigkeit, erwärmt. In diesem Falle ist die Verdunstungstemperatur nicht mehr von dem Stande des Psychrometers abhängig; sie kann aber auf folgende Art durch Rechnung bestimmt werden.

Man bezeichne die Temperatur der erwärmten Luft mit T , die Verdunstungstemperatur mit t . Die Wärme, welche die Luft zur Verdunstung des Wassers verwendet, beträgt also $T - t$, oder in Wärmeeinheiten ausgedrückt, da die Wärmecapacität der Luft beiläufig $\frac{1}{4}$ von der des Wassers ausmacht $\frac{T - t}{4}$. Ist dies z. B. der Wärmeverlust von 1 Pfund Luft, so erhält man dafür an Dampf

$\frac{T - t}{4(640 - t)}$ Pfund, weil 1 Pf. Wasser von t° um sich in Dampf zu verwandeln $640 - t$ Wärmeeinheiten braucht.

Um 1 Pfund Wasser zu verdampfen werden also $\frac{4(640 - t)}{T - t}$ Pf. Luft erfordert od. $\frac{4 \cdot 11(640 - t)}{T - t}$ K. F.

da 1 K. F. Luft *) bei 0° u. 336^{mm} Druck $\frac{1}{11}$ Pfund wiegt.

*) Nach Pariser Maassen nämlich, auf welche sich hier durchgängig bezogen wird.

Man bezeichne ferner den Barometerstand mit b , die Spannung des bei t° gesättigten Dampfes mit p ; so ist der Druck welchen die trockne Luft für sich ausübt $b - p$, mithin das Volum der Luftmasse welche 1 Pfund Dampf in sich aufgenommen hat

$$V = \frac{4 \cdot 11 \cdot (640 - t)}{T - t} \cdot \frac{b (267 + t)}{(b - p) (267)}.$$

Dasselbe Volum nimmt natürlich der Dampf selbst ein.

Nun erzeugt 1 Pfund oder $\frac{1}{70}$ K. F. Wasser $\frac{1700}{70}$ K. F. Dampf bei 100° . Das Volum dieses Dampfes bei t° und der Spannung p ist daher

$$V = \frac{1700 \cdot b (267 + t)}{70 \cdot p \cdot (267 + 100)} = \frac{4 \cdot 11 (640 - t) b (267 + t)}{(T - t) (b - p) 267}.$$

Aus dieser Gleichung ergibt sich nach den erforderlichen Reductionen.

$$\frac{b}{p} = \frac{2,49 (640 - t)}{T - t} + 1$$

woraus mit Beihülfe einer vollständigen Tafel über die Spannkraft der Wasserdämpfe, die Verdunstungstemperatur t leicht berechnet werden kann.

Z. B. die Luft werde vor dem Eintreiben auf 100° erwärmt, so findet man daß die Verdunstung bei 32° vor sich geht, und daß für jedes Pfund Wasserdampf 393 K. F. Luft erfordert werden *); was, wenn 100 K. F. Wasser täglich verdampft werden sollen, einen Kraftaufwand von nahe 5 Pferden erheischt. Man darf übrigens nicht übersehen, daß bei diesem Verfahren außerdem Breunma-

*) Bei dieser Rechnung ist auf die Feuchtigkeit, welche etwa vorher schon in der Luft enthalten war, keine Rücksicht genommen. Durch diese wird die Verdunstungstemperatur um einige Grade erhöht, die nöthige Luftmenge etwas vermehrt.

terial gebraucht wird und zwar in beträchtlich größerer Menge, als wenn die Verdampfung über freiem Feuer vor sich ginge; denn 1) wirkt die Hitze nicht direkt, sondern wird erst durch die Luft zu dem Wasser fortgepflanzt. Eine solche Uebertragung kann aber nie ohne Verlust geschehen. 2) Findet schon an und für sich bei Erwärmung der Luft, und zwar aus sehr einleuchtenden Gründen ein größerer Verlust an Brennmaterial statt, als bei der Erwärmung des Wassers. 3) Kann nicht alle Wärme welche die Luft aufgenommen hat der Verdunstung zu Gute kommen, indem sie selbst noch mit erhöhter Temperatur aus der Flüssigkeit austreten muß.

Abdampfung in höheren Temperaturen.

Ich komme jetzt zu der zweiten Methode nämlich: Durchtreiben von Luft bei gleichzeitiger Erwärmung der Flüssigkeit über freiem Feuer.

Dieses Verfahren läßt sich als ein Siedeprocess bei Temperaturen unter dem gewöhnlichen Siedpuncte ansehen, insofern man hierunter eine Dampfentwicklung versteht, welche vom Boden der Gefässe ausgeht und durch von Außen eindringende Wärme bewirkt wird. Unter gewöhnlichen Verhältnissen kann diese Dampfentbindung erst bei 100° eintreten, weil dann erst der Dampf eine Spannkraft besitzt, welche stark genug ist, den atmosphärischen Druck auszuhalten. Bei 90° z. B. beträgt die Spannkraft des Dampfes nur 20 Zoll Quecksilber. Es fehlen ihm also noch 8" um der Luft das Gleichgewicht zu halten. Wird aber diesem Dampfe Luft in einem solchen Verhältnisse beigegeben, daß in jedem Kubikfuß des Gemenges eine Luftmenge befindlich ist, welche für sich einen Druck von 8" ausüben würde, so üben beide Gemengtheile zusammen

einen dem atmosphärischen Drucke genau gleichen Druck aus und vermögen also diesem das Gleichgewicht zu halten.

Dergleichen Gemenge bilden sich nun in der That, wenn Luft in heißes Wasser getrieben wird, so daß man mit Hülfe einer guten Gebläsevorrichtung es ganz in seiner Gewalt hat, den Siedepunkt beliebig zu erniedrigen.

Kann man dabei mit Sicherheit annehmen, daß der aufsteigende Dampf die seiner Siedetemperatur entsprechende Spannkraft besitzt, so läßt sich nicht nur die zu seiner Entbindung erforderliche Luftmenge sondern auch das Wärmequantum berechnen, welches durch die Luftmenge weggeführt wird.

Um diese Rechnung nicht unnützliger Weise zu verwickeln, wollen wir den anfänglichen Druck der eingepreßten Luft zu 336^{mm}, ihre anfängliche Temperatur zu 0° voraussetzen. Die Temperatur aber wobei die Dampfbildung vor sich gehen oder der erniedrigte Siedepunkt eintreten soll, sey t° , die zugehörige Spannkraft des Dampfes p Linien.

Die Luft, indem sie mit der heißen Flüssigkeit in Berührung kommt, nimmt deren Temperatur an; ihr Volum verwandelt sich daher aus der Einheit des Maasses in $\frac{267 + t}{267}$.

Außerdem erweitert sich ihr Volum durch die Dampfaufnahme in dem Verhältnisse, daß die Spannkraft des Dampfes p , vermindert um die Spannkraft der ausgedehnten Luft, dem äußeren Luftdrucke das Gleichgewicht halten können. Nachdem also die eingeführte Luft sich mit Dampf vollständig gesättigt hat, kann sie für sich nur noch die Spannkraft 336 — p besitzen, oder ihr ursprüngliches Volum 1 (z. B. 1 Kubikfuß) hat sich verwandelt in

$$V = \frac{(267 + t) 336}{267 (336 - p)}$$

V ist aber auch das Volum des gleichzeitig gebildeten Dampfes von der Temperatur t° und der Spannung p Linien.

Nun erhält man aus 1 K. F. oder 70 Pf. Wasser 1700 K. F. Dampf von 100° oder 336''' Spannung, und diese verändern sich bei t° und p''' Druck in

$$\text{W. K. F.} = \frac{1700 \cdot 336 (267 + t)}{p (267 + 100)}$$

Das Volum von 1 Pf. Dampf bei t° und p''' Druck ist demnach.

$$w = \frac{1700 \cdot 336 (267 + t)}{70 \cdot p (267 + 100)}$$

und die zu seiner Erzeugung nothwendige Luftmenge bei 0° und 336''' Druck betrachtet, ist

$$n. \text{ K. F.} = \frac{w}{V} = \frac{1700 \cdot 267 \cdot (336 - p)}{367 \cdot 70 \cdot p} = 17,67 \frac{336 - p}{p} \text{ K.F. (I)}$$

Um die Wärmemenge zu bestimmen, welche diese Luft absorhirt, hat man zu bedenken, daß sie aus zwei Gründen Wärme aufnehmen muß; erstens, weil ihre Temperatur bis zu t° erhöht wird, zweitens weil sie ihr Volum erweitert. Um die erstere Wärmeaufnahme berechnen zu können, muß die Wärmecapacität der Luft bei ungeändertem Volum bekannt seyn. Zur Berechnung der zweiten wird außerdem das Verhältniß der specif. Wärme bei ungeändertem Volume zur specif. Wärme bei ungeändertem Drucke erfordert.

Ein Volum Luft bei 0° indem es sich zu t° erwärmt, dehnt sich, wenn der äußere Druck ungeändert bleibt um $\frac{t}{267}$ des anfänglichen Volums aus.

Dulong hat nachgewiesen, daß die Wärme, welche die Luft verschlucken (latent machen) muß, um diese Aus-

dehnung zu bewirken 0,421 von derjenigen beträgt, welche sie aufnimmt, um sich, ohne ihren Umfang zu verändern zu t° zu erwärmen. Nennt man diese letztere a , so beträgt die wegen der Ausdehnung gebundene 0,421. a . Dulong hat ferner bewiesen, daß die Wärmemengen, welche die Luft bei verschiedenen Volumsveränderungen binden muß ohne dabei ihre Temperatur zu verändern, diesen Volumsveränderungen proportional sind. Also bei der Ausdehnung $\frac{2t}{267}$ beträgt die Wärmeabsorption 2. 0,421 a , bei der Ausdehnung $\frac{3t}{267}$ beträgt sie 3. 0,421 a u. s. w.

Nun ist vorher gezeigt worden, daß 1 K. F. Luft bei 0° und 336"" Druck, indem er sich mit Dampf von t° und p "" Pression sättigt, sich verwandelt in

$$V \text{ K. F.} = \frac{(267 + t) 336}{267 (336 - p)} \text{ bei } t^{\circ} \text{ Tempera-}$$

tur. Hier beträgt also die Umfangserweiterung

$$V - 1 = \frac{336 t + 267 p}{267 (336 - p)}$$

Wenn daher die gebundene Wärme für die Ausdehnung

$\frac{t}{267}$ mit 0,421 a ausgedrückt wird, so muß diejenige für

die ganze Ausdehnung $V - 1$ sich belaufen auf

$$\frac{(V - 1) 267}{t} \times 0,421 \cdot a = \frac{336 t + 267 p}{t (336 - p)} \times 0,421 a.$$

Die ganze Wärmeeaufnahme für jeden K. F. Luft ist

$$\text{dem zu Folge } x = a + 0,421 a \times \frac{336 t + 267 p}{t (336 - p)}$$

und endlich für diejenige Quantität Luft, die zur Verdampfung von 1 Pf. Wasser erfordert wird

$$X = \frac{17,67 (336 - p)}{p} a \left\{ 1 + 0,421 \frac{336 t + 267 p}{t (336 - p)} \right\}$$

Die specif. Wärme der Luft bei ungeändertem Drucke bezogen auf das Wasser als Einheit ist 0,267.

1 H. F. oder $\frac{1}{11}$ Pfund Luft, um die Temperatur t° anzunehmen bedarf demnach $\frac{0,267 t}{11}$ Wärmeeinheiten.

Hierbei fand aber Ausdehnung statt. Nun verhält sich die Wärme der ausgedehnten Luft zu der der unausgedehnten bei gleicher Temperatur wie 1,421 : 1;

Die Wärmeaufnahme von 1 H. F. Luft bei ungeändertem Volume ist daher $a = \frac{0,267 t}{11 \cdot 1,421}$ Einheiten.

Folglich :

$$X = \frac{17,67 (336 - p)}{p} \times \frac{0,267 t}{11 \cdot 1,421} \left\{ 1 + 0,421 \frac{336 t + 267 p}{t (336 - p)} \right\}$$

und reducirt.

$$X = 17,67 \frac{336 - p}{p} \left\{ 0,017 t + 1,92 \frac{1,258 t + p}{336 - p} \right\} \quad (II)$$

Mit Hülfe der Gleichungen I und II und unter der Voraussetzung daß 1 Pfund Wasser bei 0° um sich in Dampf zu verwandeln 640 Wärmeeinheiten aufnehmen muß, ist nachstehende Tabelle berechnet worden.

Temperatur des Dampfes.	Spannung in Par. Linien.	Luftmenge um 1 Pf. Wasser zu verdampfen. bei 0° u. 336° in Par. K. F.	Mechan. Kraft um die Luft einzupressen in Pferdekraften ^{*)}	Wärmeaufnahme in Einheiten		Wärmeauf- nahme d. Luft als Bruchtheil derjenigen des zugehörigen Dampfes.
				von 1 K. F. Luft	von der ganzen Luftmenge.	
30°	13,15	434	4,9	0,813	353	0,550
40°	22,45	247	2,8	1,126	278	0,434
50°	40,43	129	1,5	1,531	192	0,300
60°	66,16	72	0,8	2,01	150	0,234
70°	104,15	39,3	0,44	2,71	113	0,177
80°	158,45	19,8	0,22	4,10	83,5	0,130
90°	234,00	7,7	0,09	7,96	62,4	0,098

*) Diese Spalte ist nach den Annahmen berechnet worden, daß 1 Pferdekraft gleichkomme 500 Pf. 1 Fuß hoch gehoben, daß die Luft unter einem Druck von 4 Zoll Wasserhöhe eingetrieben werde (ein Druck der, wie die folgenden Versuche lehren, nicht nothwendig ist) und daß 100 K. F. Wasser verdampft werden. Auf Bewegungshindernisse wegen Unvollkommenheit der Maschinen ist dabei keine Rücksicht genommen. Wegen dieser letzteren mag die bewegende Kraft leicht um die Hälfte oder doch $\frac{1}{3}$ vermehrt werden müssen.

Man sieht aus dieser Tabelle, daß die zur Verdampfung nöthige Luftmenge, bei höheren Temperaturen sehr bedeutend abnimmt, daß also, wenn es sich nur darum handelt, die Verdampfungstemperatur unter dem gewöhnlichen Siedpunkte des Wassers zu halten, man mit einer geringen Quantität Luft, also mit geringer bewegender Kraft, große Massen von Flüssigkeit verdampfen kann.

Auch der Wärmearaufwand für die Luft vermindert sich bei höherer Temperatur. Er beträgt z. B. bei 90° nur $\frac{1}{3}$ von demjenigen was er bei 50° ausmacht. Da jedoch bei gleicher Feurng, in die Abdampfgefäße in jedem Augenblicke um so mehr Wärme eindringt, je niedriger die Temperatur der darin befindlichen Flüssigkeit ist, so könnte es dessen ungeachtet seyn, daß durch Abdampfung bei niederer Temperatur an Brennmaterial gespart würde.

Um hierüber mit einiger Sicherheit entscheiden zu können, sind die folgenden Versuche angestellt worden.

In einen kupfernen Kessel von $1\frac{1}{2}$ Fuß Weite und 1 Fuß Tiefe wurden 12 Liter Wasser gebracht, und derselbe dadurch zu 4 Zoll Höhe angefüllt. Man setzte ihn hierauf auf einen gut ziehenden Ofen, den man mit Holzkohlen feuerte; bedeckte den Kessel, so daß nur eine 3 Zoll weite Oeffnung zum Abzuge des Dampfes blieb; erhitzte bis zum Sieden und ließ ihn eine volle Stunde hindurch in diesem Zustande, indem man beständig Sorge trug, daß das Feuer möglichst gleichförmig unterhalten wurde. Bei einiger Uebung bringt man es bald dahin, daß die Kohlenmengen welche auf diese Weise während einer Stunde gebraucht werden nicht merklich differiren.

Nach Verlauf einer Stunde, wurde der Kessel abgenommen, das heiße Wasser, durch eine abgemessene Quantität kalten Wassers rasch abgekühlt, und dann zurückgemessen.

In demselben Kessel wurde hierauf $\frac{3}{4}$ Zoll über den Boden ein zweiter mit sehr vielen engen Oeffnungen versehener Boden angebracht. In diesen Zwischenraum mündete das Luftrohr, so daß die hervorströmende kalte Luft, genöthigt wurde einen großen Theil des unteren Bodens zu bespülen.

Dieser wurde dadurch verhältnißmäßig kühl erhalten und also das Eindringen der Wärme befördert.

Man brachte in den so vorgerichteten Kessel wie früher 12 Litre Wasser, bedeckte ihn, erhitze, und ließ sobald der Siedpunkt eingetreten war, eine volle Stunde hindurch Luft durchtreiben.

Ein Thermometer, welches durch den Deckel des Kessels bis in das Wasser hinabreichte sank sogleich, erhielt sich aber, je nach der Quantität Luft welche eingepresst wurde bei einer gewissen Temperatur stationär. Die Menge des verdampften Wassers wurde durch Zurückmessen bestimmt.

Bei einem Versuche z. B. war die Siedetemperatur bei 70° stationär geworden. Der Wasserrückstand betrug 15,4 Pfund, es waren also 8,6 Pf. verdampft. Diese Dampfmenge ist aber zum Theile dem Umstande zuzuschreiben, daß 15,4 Pfund Wasser ihre Temperatur von 100 zu 70° erniedrigten, also 462 Wärmeeinheiten abgaben, welche wenn der Siedeproceß fortdauernd bei 100° stattgefunden hätte, zurückgeblieben seyn würde. Dieser Verlust muß also zurückgerechnet werden, wodurch sich die Dampfmenge zu 7,74 Pf. vermindert.

Aus dem Mittel mehrerer Versuche welche auf diese Weise angestellt und beurtheilt wurden, ergaben sich folgende Resultate:

Siedetemperatur 100° ; 95° ; 80° ; 70° ; 60°
 Gewicht des ab-
 gedampften Wassers 7,54 ; 7,96 ; 8 ; 7,74 ; 8

Woraus hervorzugehen scheint, daß die Temperatur des Siedepunktes auf die Menge des erzeugten Dampfes keinen wesentlichen Einfluß hat, und daß eine Vermehrung der eingepreßten Luftmenge nicht zugleich eine Vermehrung des Kohlenaufwandes nach sich zieht. Bei diesen Versuchen konnte die Quantität der durchgetriebenen Luft nicht direkt bestimmt werden, indem nur ein gewöhnlicher und überdies undichter Schmiedeblasebalg zu Gebote stand.

Nichts desto weniger glaube ich annehmen zu dürfen, daß sich die Luft während ihres Durchgangs durch die Flüssigkeit vollkommen mit Dampf gesättigt hat, weil das Thermometer, nur von dem aufsteigenden Dampfe umgeben, stets dieselbe Temperatur zeigte, als ob es in die Flüssigkeit selbst tauchte. Bekanntlich besitzt aber in diesem Falle der Dampf die seiner Siedetemperatur entsprechende Spannung, d. h. es ist gesättigter Dampf.

Das sich erhebende Dampf- und Luftgemenge zeigte selbst dann noch die Temperatur der Flüssigkeit, als die Höhe des Wassers im Kessel nur zwei Zoll und weniger betrug, dergestalt daß man mit Sicherheit darauf rechnen kann, bei zwei Zoll Höhe des Wassers über der Mündung des Luftrohrs, die durchströmende Luft mit Dampf ganz gesättigt zu erhalten.

Zu allen vorhergehenden Versuchen ist nur Wasser angewendet worden. Um nun auch das Verhalten wässriger Lösungen, zumal solcher, deren Siedpunkt höher liegt als 100° , kennen zu lernen, sind noch die folgenden Versuche angestellt worden.

Ein Glaskolben wurde zur Hälfte mit Wasser gefüllt,

erhitzt und mittelst eines doppelten Blasebalgs ein regelmäßiger Luftstrom durchgeführt. Der aufsteigende Dampf zeigte immer dieselbe Temperatur wie die Flüssigkeit. Hierauf wurde eine Auflösung von Zinkvitriol in den Kolben gebracht und erhitzt. Sie kochte bei 104°. Das Thermometer nur von dem aufsteigenden Dampf umgeben zeigte 100°. Als Luft eingepreßt wurde, sank die Temperatur bald auf 95°, und gleichzeitig die des Dampfes auf 91°. Bei verstärktem Luftstrom sank das Thermometer in der Flüssigkeit auf 86°, im Dampf auf 82°. Als der Luftstrom noch mehr verstärkt und dadurch die Temperatur der Auflösung noch mehr erniedrigt wurde, setzte sich ein Theil des Salzes ab, doch immer blieb die Temperatur des Dampfes um 4—5° niedriger als die der Flüssigkeit.

Etwas Aehnliches wurde bei concentrirtem Salzwasser bemerkt und es muß ohne Zweifel bei allen wässrigen Auflösungen, deren Siedpunkt höher liegt als 100°, vorkommen.

Hiernach läßt sich das Verhalten solcher Auflösungen während ihrer Abdampfung durch eingepreßte Luft, leicht beurtheilen.

Angenommen der Siedpunkt einer Flüssigkeit liege unter gewöhnlichen Verhältnissen bei 110°. Diese Flüssigkeit soll durch Luft bei 70° abgedampft werden; so wird hierzu ganz dieselbe Luftmenge erfordert, als ob reines Wasser bei 60° verdampft werden sollte, und die austretende Luft wird einen bei 60° gesättigten Dampf mit sich führen.

Aus den vorliegenden Untersuchungen ergeben sich folgende Resultate.

Ein künstlich hervorgebrachter Luftstrom, ohne gleichzeitige Mitwirkung von Wärme, als Verdunstungsmittel angewendet, bietet in unseren Gegenden bei fabrikmäßigem Betriebe keine Vortheile.

Ueberhaupt ist die Abdampfung mit Luft unter allen Umständen kostbarer als das gewöhnliche Verfahren über freiem Feuer und kann also diesem letzteren nur in solchen Fällen vorzuziehen seyn, wo es von Interesse ist, die Verdampfungstemperatur unter dem gewöhnlichen Siedepunkte zu erhalten, ohne doch zugleich die Schnelligkeit der Verdampfung zu beeinträchtigen.

Diese Verdampfungsmethode kommt am wohlfeilsten, wenn man die Luft kalt in die Flüssigkeit presst, letztere aber zugleich über freiem Feuer erhitzt. Als Mehrausgabe (gegen das gewöhnliche Verfahren) kommt in diesem Falle nur die bewegende Kraft in Anschlag.

Bei der letzteren Methode hat man es in seiner Gewalt, die Verdampfungstemperatur beliebig hoch oder niedrig zu halten, ohne daß darum die Zeit, während welcher eine gewisse Menge von Wasser verdampft, und der Aufwand an Brennamaterial merklich geändert werden.

Die Unkosten für die bewegende Kraft vermindern sich, je weniger es darauf ankommt, die Verdampfungstemperatur niedrig zu erhalten.

Neue Anleitung zur Chlorometrie;

von *Gay-Lussac*.

(Mit einer Tafel.)

Das Verfahren den Gehalt einer Flüssigkeit an Chlor oder an einer seiner bleichenden Verbindungen zu bestimmen, welches ich in den *Annales de ch. et de ph.* vol. 26 p. 162 veröffentlicht habe, hat sich des Beifalls zu erfreuen