

eben hörbar siedete und im Wasserstandsrohre ein leichtes Auf- und Abwogen des Flüssigkeitsspiegels zu bemerken war. Die Kugel des aufgesetzten Soxhlet'schen Kühlers zeigte sich dann in ihrer oberen Hälfte kaum warm, auch entwichen keine Wasserämpfe aus demselben. Zum Zweck genauerer Beobachtung dieses Verhaltens wurde auf den kurzen Rohransatz des Kugelkühlers mittels eines Korkes ein Glasrohr aufgesetzt, das zur Verlangsamung des Gasstromes in seiner Mitte bauchig erweitert war (eine ausgediente Pipette von 25 oder 50 cc Inhalt, von der die Auslaufspitze abgeschnitten wird, erfüllt diesen Zweck in einfacherster Weise). Man leitet nun die Erhitzung so, dass sich höchstens in dem unteren engen Theile des Glasrohres ein Anflug von Wassertröpfchen bildet, nicht aber in der mittleren erweiterten Partie.

In den zwei ersten Tagen des Heizens sank die Siedetemperatur des Gemisches um 1 bis 2°, blieb aber von da ab sich gleich. Jetzt, nach zweimonatlichem Gebrauche, zeigt ein durch den Ansatz für den Kühler eingetauchtes Thermometer in der siedenden Flüssigkeit 108 bis 109°, der austretende Luftstrom beim Schornstein aber 104°, mit Schwankungen von kaum einem halben Grad nach oben oder unten, wenn die Flüssigkeit durch starke Veränderungen im Gasdruck in lebhaftes oder in sehr gelindes Sieden gerath.

Die Glycerinlösung hat bis jetzt keine nennenswerthe Änderung in Farbe oder Geruch erfahren, was erwarten lässt, dass sie längere Zeit ihren Dienst leisten kann. In diesem Falle würden die Kosten der erstmaligen Füllung (etwa 7 M.) nicht zu schwer in's Gewicht fallen gegenüber dem Vortheil, dass durch Schonung der Löthstellen Reparaturen vermieden werden, die bei diesem Apparate meistens einen geschickten Arbeiter verlangen. Auch fällt das nicht selten stattfindende Ausblühen von Kochsalz aus dem Wasserstandsrohre weg.

Wie directe Versuche gezeigt haben, lässt sich eine Glycerinlösung der angegebenen Concentration erst nach längerem Sieden entzünden und die brennende Flüssigkeit wird durch Zugießen von neuer Lösung sofort gelöscht, so dass selbst dann, wenn durch ein Ausbleiben des Kühlwassers ein Überkochen aus dem Kühler oder Niveaurohr stattfindet, eine ernste Feuersgefahr nicht vorliegt.

Zum Schlusse möchte ich noch erwähnen, dass es sich empfiehlt, auf das eiserne Fussgestell des Apparates zunächst ein starkes Aluminiumblech von der erforderlichen Grösse zu legen und erst auf dieses den kupfernen

Kasten zu setzen; es wird hierdurch der Boden desselben vor dem Durchbrennen geschützt und sehr gleichmässig erwärmt, während das Aluminiumblech durch die directen Flammen keine nennenswerthe Veränderung erleidet.

Destillationsapparate, Dampfmaschinen und Dampfverbrauch der Ammoniaksoda-fabrikation.

Von

H. P. Fassbender.

[Fortsetzung von S. 174.]

Um den hauptsächlichsten Wärmeprocessen, welche sich beim Betriebe vorstehend beschriebener Apparate abspielen, ziffermäßig nähertragen zu können, werden nachbezeichnete Annahmen gemacht, welche mit der Wirklichkeit hinreichend genau übereinstimmen, um ein für die Praxis brauchbares Bild zu liefern.

1. Die Wärmemenge, welche in 1 l Soole oder Mutterlauge oder Kalkmilch eine Temperatursteigerung von 1° hervorbringt, wird zu 0,95 W.-E. angenommen, wobei das während des Proesses zufließende, verdünzend wirkende Condensat mit der spec. Wärme = 1 besonders berechnet wird.

2. Durch die Absorption von 1 k gasförmigem Ammoniak werden 500 W.-E. frei, durch die Absorption von 1 k Kohlensäure werden 127 W.-E. frei¹⁾.

3. Die beim Vermischen von normaler Mutterlauge mit normaler Kalkmilch in den beim Betrieb üblichen Mengenverhältnissen (und ohne Condensat) sich abspielenden Zersetzung- und Absorptionsvorgänge bewirken in der Mischung eine Temperaturerhöhung von 4°, wenn das Entweichen von gasförmigem Ammoniak vermieden wird. (Andernfalls dient ein Theil der Wärme zur Verflüchtigung genannten Gases.)

4. Zur Abdestillirung gelangen täglich rund 81 cbm = 3375 Stundenliter Mutterlauge und erfordern diese 1375 Stundenliter Kalkmilch.

5. Die Temperatur der Mutterlauge beträgt im Winter beim Eintritt in das Spiralrohr der Colonne 16° und im Sommer 25°. Die Kalkmilch wird der Destillation mit einer Temperatur von 90° zugeführt; zu dieser Erwärmung dient der Betriebsdampf des Rührgebläses bez. directer Kesseldampf. Die dazu nothwendige Dampfmenge erscheint in Tabelle V aufgenommen.

¹⁾ Nach Müller, Pouillet u. Pfaundler: Lehrbuch der Physik II b. 1879. Nach Favre, Silbermann u. Berthelot entwickelt unter normalem Druck das Volumen $22,3 l \cdot (1 + \alpha t) = 17 g$ Ammoniak bei der Absorption 8,8 W.-E., 1 k also 517,6 W.-E. Die Differenz ist für unsere Rechnung von keinem Belang.

6. Die abdestillirte Mutterlauge wird mit 1,5 Atm. absoluter Spannung und etwa 116° aus der Destillation entlassen.

7. Die Condensatmenge der Röhrenkühler beträgt etwa 345 Stundenliter. Dieses der Mutterlauge in der Destillircolonne zufließende Condensat verlässt die Kühlflächen mit etwa 60°.

8. Es wird durchaus gute Filtrirung vorausgesetzt, damit kein Natriumbicarbonat in die Destillircolonne gelangt.

Die stündlich erforderlichen Wärmemengen zum Erhitzen von Mutterlauge und Kalkmilch auf 116°, sowie zum Austreiben des Ammoniaks und der Kohlensäure betragen:

Tabelle 1	Stunden-W.E.	
	Im Winter	Im Sommer
3375 l Mutterlauge von 16° auf 116° erhitzen 3375 · 100 · 0,95	320 625	
3375 l Mutterlauge von 25° auf 116° erhitzen 3375 · 91 · 0,95		291 769
1375 l Kalkmilch von 90° auf 116° erhitzen 1375 · 26 · 0,95	33 963	33 963
345 l Condenswasser von 60° auf 116° erhitzen 345 · 56 · 1	19 320	19 320
175,77 k Ammoniak austreiben 175,77 · 500	87 885	87 885
In Posten 4 sind laut Capitel I 690,3 — 28,8 k Ammoniak 24 als Bicarbonat vorhanden, dies entspricht 28,8 · 44 17 — 74,5 k Kohlensäure; $\frac{1}{5}$ des Ammoniaks geht als einfaches Carbonat in den Destillirkessel, es müssen also 9 10 — 67 k Kohlensäure ausgetrieben werden 67 · 127 . .	8 509	8 509
	470 302	441 446
Bei der Vermischung von Mutterlauge und Kalkmilch werden frei 4 · 0,95 · (3375 + 1375) 18 050	18 050	18 050
Bleiben beizustellen . . 452 252	423 396	

Die Zersetzungswärme des Ammoniumbicarbonats ist unberücksichtigt geblieben: gleichfalls ist das Condenswasser in Post 3 nur geschätzt, doch würde selbst eine bedeutende Abweichung von den gemachten Annahmen das Endresultat nur unbedeutend verändern. Es wurden ebenfalls die Wärmevorgänge, die mit der Volumveränderung der Gase während ihres Laufes durch die Apparate verbunden sind, nicht berücksichtigt.

Um die für die Destillation nothwendige Minimaldampfmenge zu ermitteln, wissen wir, dass 1 k Dampf von 1,5 Atm. absoluter Spannung, dessen Condensat mit 116° abfließt, 524 W.-E. beisteht. Ferner haben die beiden Destillationssysteme (Destillirkessel, Colonne, Wechsler, Rohre) zusammen etwa 600 qm abkühlende Oberfläche. Bei guter Umhüllung kann man stündlich auf 1 qm dieser Oberfläche im Winter 1 k und im Sommer 0,9 k Condensat rechnen. Darnach ergibt sich die für die Destillation nothwendige Minimal-Dampfmenge:

Tabelle 2

	Kilo Dampf die Stunde	
	Im Winter	Im Sommer
452 252 W.-E. 452 252 : 524	864	808
423 396 - 423 396 : 524		
600 qm abkühlende Oberfläche a 1 k Dampf	600	
600 qm abkühlende Oberfläche a 0,9 k Dampf		540
	1464	1348

Vergleicht man mit dieser Berechnung die im Betrieb tatsächlich gebrauchte Dampfmenge, die sich aus der Berechnung des Abdampfquantums der Maschinen in der Praxis ergeben hat, so findet man: Es konnte eine Destillationsanlage von vier mit Wechsler verbundenen Destillirkesseln, mit darauffolgender Destillircolonne und Rectifier, welche Anlage mit Abdampf und Vacuum betrieben wurde, mit jedem Kilo Dampf die Stunde (im Frühjahr) täglich 2,2 k Ammoniak austreiben. Es ist bei den angenommenen fünf Destillirkesseln für ein System ein etwas kleinerer Dampfverbrauch zu gewärtigen, doch mag darauf hier keine Rücksicht genommen werden. Die Tageslieferung von 4218,5 k Ammoniak erfordert demnach eine stündliche Dampfabbgabe an die Destillation von $4218,5 : 2,2 = 1917$ k Dampf. Berücksichtigt man die oben gerechnete Differenz des Stundendampfverbrauches zwischen Winter und Sommer von 116 k, so kann man den Dampfverbrauch für die Stunde im Winter mit 1976 k und im Sommer mit 1860 k annehmen.

Die Differenz zwischen diesem in die Destillation eintretenden Dampf und dem für Erwärmungs- und Kochzwecke in Tabelle No. 2 berechneten Quantum ergibt die vom Kühler zu verarbeitende Dampfmenge; dieselbe beträgt demnach stündlich 512 k Dampf; der grösste Theil davon, angenommen wurden 345 l, fliesst als Condensat in die Destillircolonne zurück, ein kleiner Theil (im ersten Capitel wurden dafür 4 cbm täglich = 166,6 Stundenliter angenommen) wird in den Ammoniakabsorber, hauptsächlich als Condensat, mitgerissen. Die von der Destillation täglich weggeblasene Flüssigkeitsmenge beträgt demnach:

Tabelle 3

	Im Winter Im Sommer	
	cbm	cbm
Von der Mutterlauge herrührend	81	81
Von der Kalkmilch herrührend	33	33
Vom Condensat des Heizdampfes herrührend, abzüglich 4 cbm, welche in den Ammoniak-Absorber mitgerissen werden	43,4	40,6
	157,4	154,6

3. Grösse der Destillationsapparate:

a) die Destillirkessel. Es werden zwei Destillationssysteme, jedes zu 5 Destillirkesseln, angenommen. Jedes System hat also im Winter 78,7 cbm Lauge täglich zu verarbeiten. Es genügt eine Turnusdauer von 12 Stunden vollständig, um das Ammoniak bis auf ganz unbedeutende Spuren auszutreiben; jeder Kessel steht also 2,4 Stunden in Beschickung und 9,6 Stunden in Destillation, täglich macht das System 10 Chargen und jede Charge beträgt beim Ausblasen 7,87 cbm. Bei der in Fig. 110

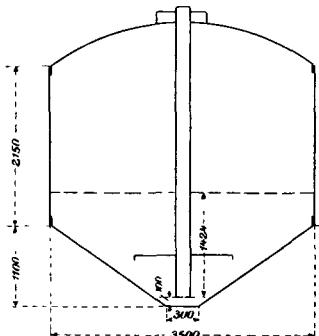


Fig. 110.

angegebenen Grösse der Destillirkessel berechnet sich die Standhöhe der Lauge, wie folgt:

Der Inhalt des abgestutzten Kegels beträgt 3,8 cbm bei Abzug von Rohrinhalt und Sieb. Im cylindrischen Apparatentheil befinden sich also $7,87 - 3,80 = 4,07$ cbm, welche bei einem Nettoquerschnitt von 9,6 qm eine Standhöhe von $4,07 : 9,6 = 0,424$ m im cylindrischen Theil einnehmen. Die ges. Standhöhe ist demnach 1,524 m; bei 10 cm Abstand des Einblasrohres vom Boden hat der einströmende Dampf eine Laugensäule von 1424 mm zu überwinden. Bei 1,1 spec. G. der Lauge entspricht dies einer Wassersäule von 1566 mm. Die vier Kessel des Systems leisten daher dem Durchgange des Dampfes einen Widerstand, entsprechend 6,264 oder rund 6,3 m Wassersäule.

Die Dampfrohre und der Wechsler müssen im Winter stündlich 988 k Eintrittsdampf von 1,5 Atm. absolut durchlassen. Diese Dampfmenge entspricht 322 Secundenliter. Bei einem Rohrdurchmesser von 150 mm l. W. beträgt die Dampfgeschwindigkeit 18,2 m die Secunde. In dem Maasse, wie der Dampf auf seinem Laufe von Kessel zu Kessel wegen der Abnahme des Druckes sein Volumen vergrössert, verringert sich seine Quantität durch Condensation. Diese beiden Vorgänge halten sich in Rücksicht auf die Dampfgeschwindigkeit in den Rohren fast genau die Waage; weil aber der Dampf um so reicher an Ammoniak wird, je mehr Kessel er durchströmt hat, so vergrössert sich dadurch seine Geschwindigkeit etwas, so dass er im Austrittsrohre seines letzten Destillirkessels eine Geschwindigkeit von etwa 21,6 m annimmt.

Für die Geschwindigkeitsertheilung der Gase, sowie für die Reibung derselben in den Rohren des Destillirkesselsystems wird ein sehr reichlich bemessener Druckverlust von 0,7 m Wassersäule angenommen.

Der Gesamtwiderstand der vier mit einander verbundenen Destillirkessel beträgt also $6,3 + 0,7 = 7,0$ m Wassersäule²⁾.

Der Dampf besitzt demnach beim Eintritt in die Destillircolonne nur noch eine Spannung von $1,5 - 0,7 = 0,8$ Atm. absolut.

Der ungefähre Winterdampfverbrauch sämmtlicher Destillirkessel von beiden Systemen wird in Tabelle 4 entwickelt; ausser den Ansätzen der Tabellen 1 und 2 muss die in der Destillircolonne verbrauchte Dampfmenge eingesetzt werden, weil deren Condensat ebenfalls einer Temperaturhöhung unterliegt. Nach Tabelle 2 benötigten Destillirkessel und Colonne im Winter 1464 k Dampf. Hiervon den unten ermittelten Verbrauch der Kessel mit 834 k abgezogen, ergibt das Condensat der Colonne zu stündlich 630 k Dampf.

In den Destillirkesseln findet eine Drucksteigerung von 0,8 Atm. abs., beim Eintritt der Laugen, auf 1,5 Atm. abs. beim Ausblasen derselben statt, dieser Drucksteigerung entspricht eine Temperatursteigerung von 18° . Der stündliche Winterdampfverbrauch der Destillirkessel beider Systeme berechnet sich zu:

Tabelle 4	W.-E.	Dampf k
3375 l Mutterlauge um 18° erhitzen 3375 · 18 · 0,95	57 713	
345 l Condenswasser der Kühler um 18° erhitzen		
630 l Condenswasser der Destillircolonne um 18° erhitzen 975 · 18	17 550	
1375 l Kalkmilch von 90° auf 116° erhitzen 1375 · 26 · 0,95	33 963	
$175,75 - \frac{4}{5} \cdot 28,8 = 152,71$ k Am- moniak austreiben 152,71 · 500	76 355	
	185 581	
Durch das Vermischen von Mutterlauge und Kalkmilch werden nach Ta- belle 1 frei 4 · 0,95 · (3375 + 1375)	18 050	
	167 531	
167 621 W.-E. erfordern an Heiz- dampf 167 531 : 524	320	
Die 10 Destillirkessel, das Rohrsystem und der Wechsler zu 514 qm Oberfläche à 1 k Condensdampf benötigen	514	
	834	

²⁾ Gerade so wie die vorstehenden calorimetrischen Berechnungen liefern auch die Berechnungen der hydraulischen Widerstände der Apparate nur Annäherungswerte, die letzteren deshalb, weil der Druckverlust durch die Rohreibung u. s. w. nur geschätzt ist und weil man es beim Betrieb der Apparate nicht mit ruhig stehender Lauge zu thun hat, sondern mit einer durch den Dampfstrom geöffneten, vielleicht auch steigenden Flüssigkeits säule. Es genügen aber die Annäherungswerte für die Bedürfnisse der Praxis vollkommen.

Beide Destillircolonen einschl. Schlangenrohr condensiren daher stündlich im Winter 1464—834
= 630 k Dampf.

Uncondensirt bleiben in der Colonne und müssen von dem Röhrenkühler verarbeitet werden
512 k Dampf

Es strömen also stündlich im Winter in beide Colonen ein 1142 k Dampf von 0,8 Atm.

In jede Colonne strömt stündlich ein:
571 k Dampf von 0,8 Atm. abs. ent-
sprechend $\frac{571}{0,4719} = \dots \dots \dots 1210 \text{ cbm}$
76,36 k Ammoniak³⁾ von 0,8 Atm. und
 $\frac{76,36}{0,4535} = \dots \dots \dots 168,4 \text{ cbm}$

Einströmungsvolumen pro Colonne stündl. 1378,4 cbm = 382,9 Secunden-Liter.

In dem Verbindungsrohr vom Wechsler zur Colonne, welches ebenfalls 150 mm Lichtweite besitzt, bewegen sich demnach die Gase mit $382,9 = 21,67 \text{ m}$ Geschwindigkeit.
 $1,767 \cdot 10$

b) Die Destillircolonne. Die Lichtweite der Destillircolonen wird zu 1500 mm angenommen.

In die Schlangenröhre jeder Colonne treten stündlich $3375 : 2 = 1687,5 \text{ l}$ Mutterlauge mit einer Wintertemperatur von 16° ein, beim Austritt soll die Mutterlauge 60° besitzen. Die mittlere Temperatur des Inhaltes der Röhre beträgt demnach 38° . Der ammoniakhaltende Heizdampf hat, entsprechend seiner Spannung von 0,7 Atm. absolut, eine Temperatur von 88° . Der Temperaturunterschied zwischen Heizdampf und Mitteltemperatur des Schlangenrohrinhaltes beträgt also 50° .

Der Wärmeübergang durch Metallflächen von Dampf in nicht kochendes Wasser beträgt³⁾ für jeden Grad Temperaturdifferenz, qm und Stunde 1000 W.-E. Weil jedoch unser Heizdampf mit Ammoniak, Kohlensäure (u. Luft) gennisch ist, so wird der Übertragungskoeffizient nur zu 600 W.-E. angenommen. Im vorliegenden Falle überträgt also

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \cdot 512 &= 256,0 \text{ k Dampf} & \text{von } 0,7 \text{ Atm. abs.} &= \frac{256,0}{0,4191} = 615 \text{ cbm Dampf} \\ \frac{1}{2} \cdot 175,77 &= 87,9 \text{ - Ammoniak} & - &= \frac{87,9}{0,401} = 219 \text{ - Ammoniak} \\ \frac{1}{2} \cdot 67 &= 33,5 \text{ - Kohlensäure} & - &= \frac{33,5}{1,035} = 32 \text{ - Kohlensäure} \\ \text{Atm. Luft schätzungsweise zur Abrundung} & & &= 34 \text{ - Luft} \\ & & &= 900 \text{ cbm} \end{aligned}$$

für 1 qm Schlangenrohr $50 \cdot 600 = 30000 \text{ W.-E.}$ stündlich.

Die stündliche Wärmezufuhr zur Mutterlauge muss $0,95 \cdot 1687,5 \cdot (60 - 16) = 70537,5 \text{ W.-E.}$ im Winter betragen, woraus sich die Oberfläche des Schlangenrohres zu $\frac{70537,5}{30000} = 2,351 \text{ qm}$ ergibt.

³⁾ 1 l Ammoniak von 0° und 1 Atm. abs. wiegt 0,76271 g.

1 l Ammoniak von 93° und 0,8 Atm. abs. wiegt $0,8 \cdot 0,76271$

$$1 + 93 \cdot 0,003713 = 0,4535 \text{ g.}$$

³⁾ Nach P. Käuffer aus Stühlen's Ingenieur-Kalender.

Bei 40 mm Rohrdurchmesser ist also eine Rohrlänge = 18,7 m erforderlich.

Eine Kochzeit von 15 Minuten genügt, um den grössten Theil des Ammoniumbicarbonates auszutreiben; die Mutterlauge beginnt in dem starken Dampfstrom schon wenige Augenblicke nach ihrem Austritt aus dem Schlangenrohre zu sieden, auf jedem der fünf Abtriebeller soll demnach die Lauge drei Minuten verweilen.

Die Flüssigkeitsmenge beträgt stündlich im Winter

1. an Mutterlauge	1687,5 l
2. an Kühlercondensat	172,5 -
3. an Colonnendensat	315,0 -
	<u>2175,0 l</u>

In 3 Minuten beträgt die zufliessende Laugemenge also 108,75 l, ebenso gross ist die Füllung einer Colonnenabtheilung. Bei 1,5 m Colonnen-durchmesser entspricht diese Füllung unter Berücksichtigung des Inhaltes der Prellkapseln einer Standhöhe von 64 mm, nicht kochende Flüssigkeit vorausgesetzt. Durch das heftige Kochen steigt die Lauge, es wird deshalb die Höhe einer Abtheilung zu 400 mm angenommen.

Der hydraulische Widerstand einer Abtheilung beträgt bei 1,1 spec. G. der Lauge 70 mm Wassersäule, für die 5 Colonnenteller also 350 mm. Hierzu kommt noch der Widerstand der untersten Abtheilung mit etwa 70 mm, so dass blos durch die Laugensäulen ein Widerstand gleich etwa 420 mm Wassersäule hervorgerufen wird. Durch die Geschwindigkeitsänderungen, welche die Dämpfe bei ihrem Emporsteigen von Teller zu Teller erleiden, ferner durch den Widerstand der Säule u. s. w. wird der gesamte Widerstand, den die Colonne dem Durchgang der Dämpfe entgegengesetzt, gesteigert und nehmen wir denselben rund zu 1 m Wassersäule an. Die Dämpfe, welche mit 0,8 Atm. abs. in den Apparat eintreten, gelangen also mit 0,7 Atm. abs. zum Kühler.

c) Die Kühler. In jeden Kühler treten stündlich zu jeder Jahreszeit ein:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \cdot 512 &= 256,0 \text{ k Dampf} & \text{von } 0,7 \text{ Atm. abs.} &= \frac{256,0}{0,4191} = 615 \text{ cbm Dampf} \\ \frac{1}{2} \cdot 175,77 &= 87,9 \text{ - Ammoniak} & - &= \frac{87,9}{0,401} = 219 \text{ - Ammoniak} \\ \frac{1}{2} \cdot 67 &= 33,5 \text{ - Kohlensäure} & - &= \frac{33,5}{1,035} = 32 \text{ - Kohlensäure} \\ \text{Atm. Luft schätzungsweise zur Abrundung} & & &= 34 \text{ - Luft} \\ & & &= 900 \text{ cbm} \end{aligned}$$

oder 250 Secundenliter.

Die Gase und das mitgerissene Condensat sollen den Kühler mit etwa 60° verlassen und es soll der Wasserdampf möglichst vollkommen condensirt werden. Der der Colonne stündlich zufliessende Anteil Condensat, etwa 172,5 k hat ebenfalls 60° Temperatur.

⁴⁾ 1 l Ammoniak von $89,47^\circ$ und 0,7 Atm. abs. wiegt $0,7 \cdot 0,76271$

$$1 + 89,47 \cdot 0,003713 = 0,407 \text{ g.}$$

⁵⁾ 1 l Kohlensäure von $89,47^\circ$ und 0,7 Atm. abs. wiegt $0,7 \cdot 1,9666$

$$1 + 89,47 \cdot 0,003713 = 1,035 \text{ g.}$$

Die Wärmemenge, welche stündlich die Kühlfläche jeden Kühlers durchdringen soll, wird gleich derjenigen angenommen, welche die ganze Dampfmenge von 256,0 k abgibt, wenn es zu 60° warmem Wasser condensirt wird. Es gelingt natürlich niemals, die ganze Dampfmenge bis auf den letzten Rest zu condensiren und erscheint deshalb die vom Kühlwasser aufzunehmende Wärmemenge etwas zu gross, dem entgegengesetzt wird die Abkühlung von Ammoniak, Kohlensäure und Luft um etwa 30° nicht in Rechnung gezogen, wodurch der Fehler verringert wird. 256,0 k Dampf geben bei 60° warmem Condensat ab $256,0 \cdot 574 = 146\,944$ W.-E. die Stunde.

Als Kühlwasser dient das vom Ammoniakabsorber wegfließende Wasser. Bei einer Wassermenge von stündlich 8 cbm für den Kühler beträgt also die Temperatursteigerung des Wassers $146\ 944 : 8000 = 18,4^\circ$. Im Hochsommer fließt das Kühlwasser des Ammoniakabsorber, wie bei diesem Apparat entwickelt wird, mit $23,5^\circ$ ab; nachdem dasselbe im Kühler abermals eine Temperatursteigerung, diesmal von $18,4^\circ$ erfahren hat, fließt es mit der Endtemperatur von $41,9^\circ$ weg.

Beim Eintritt in den Kühler besteht das Gasgemisch zum weitaus grössten Theil aus Wasserdampf, während ein aus Ammoniakgas, Kohlensäure, atmosphärischer Luft und mitgerissenem Condensat bestehendes Gemenge den Kühler verlässt. In Folge dieser Änderung der Zusammensetzung des Gasgemisches kann man die bekannten Wärmeübertragungscoefficienten nicht zur Berechnung der Grösse der Kühlfläche benutzen. Man kann auch nicht, weil der Unterschied der Übertragungscoefficienten aus Dampf in nicht kochendes Wasser und aus Warmluft in nicht kochendes Wasser (ersterer für jeden Grad Temperaturdifferenz, Quadratmeter und Stunde etwa 1000 W.-E., letzterer gleich 12 W.-E.) sehr gross ist, einen vertrauenerweckenden Mittelwerth annehmen, sondern ist lediglich auf gemachte Betriebs erfahrungen und direct daraus abgeleitete Folgerungen angewiesen. Danach genügt bei sonst richtiger Dimensionirung des ganzen zusammenhängenden Destillirapparates für je 1 hk in 24 Stunden hergestellte Soda bei den angegebenen Kühlwasserverhältnissen 1 qm innere Kühlfläche. Jeder Kühler ist demnach auf 50 qm innere Kühlfläche zu construiren. Der Kühler enthält 8 Rohrbündel, à 8 Rohre von 5,3 m Länge und 47 mm Lichtweite, welche zusammen eine innere Kühlfläche von 50,1 qm besitzen.

Der Lichtquerschnitt eines Bündels beträgt 1,4 qd, es treten also die 250 Secundenliter Dämpfe mit $250 : 14 = 17,8$ m Geschwindigkeit in den Kühler ein. In Folge der Dampfcondensation besitzen die Gase beim Verlassen des letzten Bündels nur noch etwa den dritten Theil obigen Werthes.

Der Widerstand, den der Kühler dem Durchgang der Gase in Folge Reibung, Geschwindigkeitsänderung u. s. w. entgegenstellt, ist sehr unbedeutend; zur Überwindung desselben genügt, vom Eintritt in den Kühler bis zum Eintritt in den Ammoniakabsorber gerechnet, ein Druck von 0,2 m Wassersäule. Die Gase treten mit 0,7 Atm. abs. in den Kühler und verlassen denselben also mit 0,68 Atm. absolut.

Der Ammoniakabsorber. In jeden der beiden Ammoniakabsorbeure treten stündlich in jeder Jahreszeit ein

87,9 k gasförmiges Ammoniak mit etwa
60°.

33,5 k gasförmige Kohlensäure mit etwa 60°.

etwa 83,0 k Wasser, zum grösseren Theil als Condensat, zum kleineren Theil als Wasserdampf und ferner eine gewisse Menge atmosphärische Luft.

Nun gelangen in beide Absorbere täglich
 56,3 cbm gereinigte Soole zur Beschickung,
 welches für jeden Apparat $\frac{56,3 \cdot 1000}{2,24} = 1173 l$

Soole stündlich entspricht. Diese Soole ent-hält bereits durch die Fllung der Kalk-salze und die Waschung der Fllcolonnen-gase eine bestimmte Menge Ammoniak als Sulfat und Carbonat.

Die stündliche Wärmeentwicklung durch die in einem Ammoniakabsorber stattfindenden Absorptionen beträgt annähernd:

Die Absorption von 87,9 k Ammoniak

Die Absorption von 33,5 k Kohlensäure

Ein dem mitgeschätzten Wert entsprechen-

Für den mitgeführten Wasserdampf,
für die Ablösung des Condens.

für die Abkühlung des Condensates auf die Temperatur der

sates auf die Temperatur der Soole sowie für die Bildung des

Soile sowie für die Bildung des Carbonates werden angenommen 4795,5

53 000,0 W.-E.

Die höchste Kühlwassertemperatur im Hochsommer wird zu 20° angenommen und unter Annahme der Selbstfabrikation der Soole aus Steinsalz die Soolentemperatur ebenfalls zu 20° eingesetzt.

Während dieser kurzen Zeit im Hochsommer soll eine Temperatur von $43^{\circ}7$) in

6) Bei Anwendung von Bergsolen treten so hohe Soolentemperaturen wohl nur selten bei langen sonnigen Rohrtracen und seicht liegenden Rohren auf, ebenfalls stellt sich die hohe Kühlwassertemperatur nur da ein, wo der Brunnen vollständig oder nahezu vollständig von einem Bach oder Flusse gespeist wird. Es ist eine niedrige Kühlwassertemperatur im Hochsommer beim Bau der Wasserleitung nach Möglichkeit anzustreben.

7) Im Frühjahr und Herbst schwankt die Temperatur der ammoniakalischen Lauge je nach dem Kühlwasserverbrauch und der Temperatur zwischen 25° und 35° .

der ammoniakalischen Soole (als äusserste Grenze) zugelassen werden.

Die Erwärmung der Soole von 20° auf 43° erfordert stündlich $1173 \cdot 0,95 \cdot 23 = 25\,633$ W.-E., es sind also durch die Wasserkühlung stündlich $27\,367$ W.-E. wegzuführen. Hierzu werden 8 cbm Kühlwasser verwendet; dasselbe erfährt eine Temperatursteigerung von $27\,367 : 8000 = 3,5^{\circ}$, seine mittlere Temperatur im Apparate beträgt $\frac{1}{2}(20 + 23,5)^{\circ} = 21,75^{\circ}$ oder rund 22° und ist also gegen die zu kühlende Soole eine Temperaturdifferenz von $43^{\circ} - 22^{\circ} = 21^{\circ}$ vorhanden.

Setzt man den Wärmeübergang aus Soole in Wasser gleich demjenigen aus Wasser in Wasser, so kann man für jeden Grad Temperaturdifferenz und qm 200 W.-E. stündlich annehmen und beträgt demnach die notwendige Kühlfläche $\frac{27\,367}{21 \cdot 200} = 6,5$ qm.

Der beschriebene Ammoniakabsorber hat 2,2 m Durchmesser. Die Höhe des Kühlmantels beträgt 1 m, demnach beträgt die Kühlfläche 6,9 qm. Die Gase müssen in der unteren Abtheilung eine Soolenhöhe von 0,3 m, in jeder der beiden oberen Abtheilungen eine solche von 0,2 m überwinden. Diese 0,7 m Soolenhöhe entspricht etwa 0,84 m Wassersäule. In Berücksichtigung der Widerstände, welche die Gase beim Durchgang durch die Verbindungsstutzen aus einer Abtheilung in die andere erfahren, sowie zur Abrundung wird der Gesamtwiderstand des Apparates zu 1 m Wassersäule angenommen.

Die mit 0,68 Atm. abs. in den Ammoniakabsorber einströmenden Gase verlassen denselben, soweit sie nicht absorbiert werden, mit 0,58 Atm. abs. und werden von der Vacuumpumpe angesaugt.

Die Vacuumpumpe. Nach vorstehender Entwicklung beträgt der Widerstand der Destillationsapparate

In den vier Destillirkesseln sammt Rohren	7,0 m
In der Destillirkolonne	1,0 -
In dem Kühl	0,2 -
In dem Ammoniakabsorber	1,0 -
Hierzu noch diverse Widerstände in Ventilen u. s. w.	0,8 -
Summa	10,0 m

welche 10 m Wassersäule entsprechen. Der Dampf soll beim Eintritt in den Wechsler 1,5 Atm. abs. Spannung haben und herrscht dann im Saugrohr der Vacuumpumpe eine Spannung von 0,5 Atm. abs. Die von der Pumpe weggedrückten Gase müssen, ehe sie in die Luft entlassen werden, noch einen Waschapparat und den Säurethurm durchziehen. Diese beiden Apparate verursachen

einschliesslich der Rohreibung u. s. w. einen Widerstand von 2 m Wassersäule. Im Druckrohr der Pumpe muss also eine Spannung von 1,2 Atm. abs. herrschen.

Die Menge der Gase, welche von der Pumpe bewältigt werden muss, hängt natürlich von dem dichten Zustand des ganzen Systems und von der Sorgfalt, womit dasselbe betrieben wird, ab. Bei gutem Zustand von Apparaten und Pumpe sowie pünktlichem Betrieb kann man beide Destillationssysteme mit einem in jeder Minute durchlaufenen Kolbenraum von 11 cbm betreiben, wobei die Spannung im Saugrohr 0,5 Atm. abs. beträgt.

Die Grösse, der Dampfverbrauch und die Construction der Vacuumpumpe wird bei den Maschinen behandelt.

[Schluss folgt.]

Ein zuverlässiger Destilliraufsatze.

Von

Max Müller.

Wenn man, wie dieses z. B. bei der Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl der Fall ist, kleine Mengen Ammoniak aus Laugen, die durch Ätzalkali stark alkalisch gemacht sind, abzudestilliren hat, muss man natürlich Vorrichtungen treffen, die ein Überspritzen des fixen Alkalies verhindern. Die für diesen Zweck gebräuchlichen Destilliraufsätze erfüllen ihre Aufgabe bei ruhigem Gange der Destillation ohne Frage recht gut, aber wenn die Flüssigkeit im Kolben stürmisch oder stossweise siedet, können doch leicht Flüssigkeitsantheile mit übergerissen werden. Jedenfalls hat man während der ja grössttentheils unbeaufsichtigt verlaufenden Destillation nicht das Gefühl der Sicherheit, dass bestimmt alles Spritzwasser zurückgehalten wird.

Als vor etwa zwei Jahren hier im Laboratorium eine grösse Anzahl von Stickstoffbestimmungen nach Kjeldahl ausgeführt werden mussten, construirte ich den nebenstehend abgebildeten Destilliraufsatze, welcher

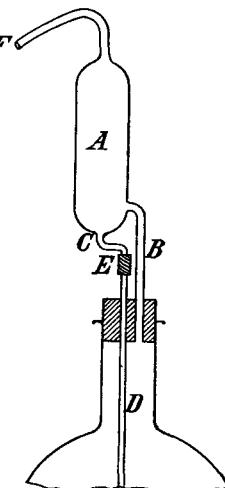


Fig. 111.