

## Destillationsapparate, Dampfmaschinen und Dampfverbrauch der Ammoniaksoda- fabrikation.

Von

H. P. Fassbender.

[Schluss von S. 229.]

### 4. Die Maschinen.

#### a) Der Kohlensäure-Compressor.

Der Betriebsverluste wegen soll das täglich im Fällapparate dargestellte Bicarbonat 11000 k 100 proc. Soda entsprechen.

Es müssen also täglich (2 . 11000 . 22) : 53 = 9132 k Kohlensäure in die Natriumbicarbonatverbindung eintreten. Dies entspricht stündlich  $9132 : 24 = 380,5$  k. Nach dem im ersten Capitel entwickelten Schema werden in einer 6 Proc. Ammoniak titrirenden Soole 4,6 Proc. Ammoniak direct zu Ammoniumchlorid verwandelt, 0,9 Proc. Ammoniak bleiben als Ammoniumbicarbonat in der Mutterlauge und geben  $\frac{9}{10}$  ihrer Kohlensäure in der Destillircolonne ab, während  $\frac{1}{10}$  im Destillirkessel an Kalk gebunden wird, demnach verloren ist. Der Rest von 0,5 Proc. Ammoniak wird weitergeblasen und ebenfalls als Bicarbonat<sup>1)</sup> berechnet; es werden davon 0,3 Proc. von der Waschsoole zurückgehalten und sofort wieder in den Betrieb eingeführt, die übrigen 0,2 Proc. werden als Verlust gerechnet (in Rücksicht auf ihren Kohlensäuregehalt).

Wenn demnach 6 k Ammoniak der Behandlung mit Kohlensäure unterzogen werden, so geht die Kohlensäure, welche von 0,29 k oder rund 0,3 k Ammoniak gebunden wird, in Verlust. Deshalb müssen stündlich anstatt 380,5 k Kohlensäure nunmehr (380,5 . 6) : 5,7 = 400,5 k Kohlensäure in die Bicarbonatverbindung eintreten.

Im Calcinirapparat werden stündlich 380,5 : 2 = 190,25 k Kohlensäure ausgetrieben. Etwa die Hälfte davon wird von einer Pumpe angesaugt und in die Fällcolonne gedrückt, weil aber etwa 10 Proc. der gepumpten Kohlensäure nicht absorbiert wird bez. in Verbindung tritt, so wird das von der Calcination beigestellte Quantum zu 80,5 k stündlich angenommen, so dass von den Kalkofengasen noch stündlich 400,5 - 80,5 = 320 k Kohlensäure geliefert werden muss.

Bei grösseren Kalköfen (für eine Verarbeitung von täglich 15 000 k Kalkstein) können die Gase stets mit mindestens 30 Vol.-Proc. Kohlensäure erzeugt werden. Davon werden bei normalem

<sup>1)</sup> Weil das weitergeblasene Ammoniak in den Waschapparaten immer mit überschüssiger Kohlensäure zusammentrifft, ist es als Bicarbonat in Rechnung gezogen.

Betriebsgange durchschnittlich 3 Proc.<sup>2)</sup> in den abgehenden Gasen vorgefunden und bleiben 27 Proc. oder 270 l Kohlensäure von 1 cbm Kalkofengasen in der Lauge.

1 l Kohlensäure wiegt bei 0° und 760 mm Quecksilbersäule 1,9666 g.

Die Kalkofengase werden mit etwa 25° im Sommer und 740 mm Quecksilbersäule angesaugt; 1 l Kohlensäure von angegebener Temperatur und Spannung wiegt demnach 1,752 g.

In 1 cbm angesaugter Gase sind demnach  $270 : 1,752 = 473,04$  g Kohlensäure, welche in der Soole bleiben. Um die erforderlichen 320 k stündlich beizustellen, müssen also  $320 : 0,47304 = 676,5$  cbm Kalkofengase von 25° und 740 mm Quecksilber angesaugt werden.

Die gespannten Kalkofengase sollen außerdem täglich etwa 150 cbm Mutterlauge und ammonikalische Soole heben, wozu etwa 600 cbm Kalkofengase täglich oder 25 cbm stündlich angesaugt werden müssen.

Es absorbiert die Lauge ferner einen Theil Kohlensäure mechanisch (entsprechend dem Partialdruck der Säure), welcher beim Ablassen der Charge auf das Filter entweicht, falls er nicht durch eine besondere Vorrichtung vorher zum grössten Theile abgeschieden und verwendet wurde; für diesen Verlust und zur Abrundung werden stündlich 10,5 cbm angenommen, so dass das stündlich anzusaugende Gasquantum  $676,5 + 25 + 10,5 = 712$  cbm = 197,8 Secundenliter beträgt.

Berücksichtigt man, dass das gewählte nasse Compressorsystem mit sehr geringem schädlichen Raume arbeitet, dass ferner die Cylinderwandungen und Kolbenflächen stets kühl sind, so dass die vom Kolben angesaugten Gase während der Saugperiode ihr Volumen nicht durch Wärmeaufnahme vergrössern können und ferner eine Undichtheit des Kolbens oder der Stopfbüchse nur von geringem Einfluss ist, so erscheint die Annahme eines volumetrischen Wirkungsgrades von 0,85 für einen ununterbrochenen Betrieb vollständig zulässig.

Der Pumpenkolben muss also einen Raum von  $197,8 : 0,85 = 232,6$  Secundenlitern beschreiben.

Bei guter Ventilconstruction ergeben nasse Compressoren bei 1,2 m Kolbengeschwindigkeit und 40 Touren noch ein gutes Verhältniss zwischen indicirter Dampfarbeit und Pumpenarbeit.

Bei dieser Kolbengeschwindigkeit sind für 40 Touren pro Minute 0,9 m Hub erforderlich und für die 232,6 Secundenliter durchlaufenen Kolbenraum muss der Nettokolbenquerschnitt betragen  $232,6 : 12 \cdot 100 = 0,193833$  qm.

bei 0,5m Durchmesser beträgt der  
Cylinderquerschnitt = 0,196350 qm  
abzüglich bei einseitiger Stange von  
0,075m Durchmesser 0,002209 -  
für die Stange bleibt ein Netto-  
kolbenquerschnitt von 0,194141 qm.

Zur Berechnung der Dimensionen der Dampfmaschine und des Dampfverbrauches wird vorerst die Spannung der Gase im Druckrohr bestimmt.

<sup>2)</sup> Bei hochgelegener Lage der Fabrik ist dieser Druck noch entsprechend zu vermindern.

Der Widerstand, den die Gase überwinden müssen, beträgt:

1. In der Fällcolonne 1,83 Atm.
2. im Soolenwaschapparat 0,06 -
3. im Wasserwaschapparat 0,05 -
4. im Säurethurm 0,10 -

Summa der Flüssigkeitswiderstände 2,04 Atm.

Für die Widerstände in den Ventilen, den Rohrleitungen und zur Abrundung wird 0,46 Atm. angenommen. Die höchste Compressionsspannung im Pumpencylinder beträgt also 2,5 Atm.; bei richtig angeordnetem Druckventil ist die Spannung im Druckrohr nur unbedeutend kleiner. Construit man sich das Diagramm, so ergibt sich bei 740 mm Quecksilbersäule Saugspannung und 2,5 Atm. Überdruckspannung eine verglichene Netto-Spannung von 1,46 Atm., wobei die Compressionslinie die bekannte Höherlage über der Mariotte'schen Linie besitzt.

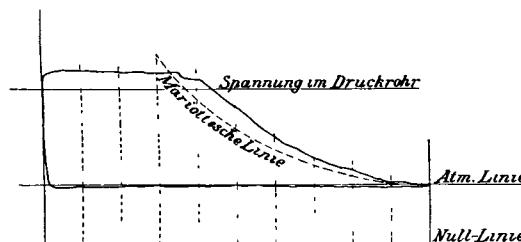


Fig. 117.

Der Pumpenkolben erfordert daher eine Indicatorarbeit  $=(0,194141 \cdot 10000 \cdot 1,46 \cdot 1,2) : 75 = 45,3$  Pferd. Der Pumpenkolben macht bei oben gewählten Dimensionen und directem Dampfantrieb, vielen Indicatoraufnahmen zufolge mindestens 80 Proc. der geleisteten Dampfarbeit nutzbar; letztere muss daher betragen  $45,3 : 0,8 = 56,6$  Pf.

Die voll belastet arbeitende Maschine braucht, um ihren Reibungswiderstand u. s. w. zu überwinden, nach vorstehend gemachter Annahme 20 Proc. der indicirten Dampfarbeit.

Der Abdampf der Maschinen wird in die Destillation gegeben; da derselbe mit 1,5 Atm. abs. in den Wechsler treten muss, so ist statt der bei Auspuffmaschinen gebräuchlichen mittleren Auspuffspannung von 1,13 Atm. abs. eine solche von 1,63 Atm. abs. anzunehmen; wollte man die Destillation ohne Vacuumpumpe, aber mit Abdampf betreiben, so müsste die mittlere Ausströmungsspannung um 0,7 Atm. höher, also zu 2,33 Atm. absolut angenommen werden.

Die mittlere absolute Einströmungsspannung wird zu 6 Atm. gewählt.

Bei 0,333 Füllung und 0,047 schädlichem Raum beträgt die Spannung am Schluss der Expansionsperiode etwa 2,28 Atm. absolut.

Nach den Angaben „des Ingenieur-Taschenbuch die Hütte 1890“ ergibt sich für 6 Atm. mittlere absolute Einströmungsspannung, 0,333 Füllung und 1,63 Atm. mittlere absolute Ausströmungsspannung eine mittlere Spannungsdifferenz vor und hinter dem Kolben = 2,4 Atm.

Davon werden 20 Proc. = 0,48 Atm. zu Reibungsarbeiten verwendet; bei der Gegendruckspannung von 1,63 Atm. absolut soll also die

Endspannung noch mindestens  $(1,63 + 0,48)$  Atm. abs. = 2,11 Atm. abs. betragen, während dieselbe thatssächlich etwa 2,28 Atm. abs. beträgt.

Der gewählte Füllungsgrad erscheint deshalb dem öconomisch besten Füllungsgrad schon sehr naheliegend.

Um 56,6 Pferd. bei 1,2 m Kolbengeschwindigkeit und 2,4 Atm. mittlere Spannungsdifferenz zu indiciren, ist ein Nettocylinderquerschnitt nothwendig  $=(56,6 \cdot 75) : (1,2 \cdot 2,4 \cdot 10000) = 0,147396$  qm.

ein Cylinderdurchmesser von 0,440 m enthält 0,152053 - die Stange von 0,075 m Durchmesser hat einen Querschnitt von 0,004418 - demnach hat der Cylinder einen Nettoquerschnitt = 0,147635 qm.

Die Compressordaten sind demnach:

Mittlere absolute Einströmungsspannung	6,0	Atm.
Mittlere absolute Ausströmungsspannung	1,63	-
Füllung	0,333	-
Mittlere Spannungsdifferenz vor und hinter dem Kolben	2,4	-
Dampfcylinderdurchmesser	0,440	m
Stangendurchmesser	0,075	-
Nettokolbenquerschnitt	0,147635	qm
Hub	0,900	m
Touren, minutlich	40	
Kolbengeschwindigkeit	1,2	m
Pumpenkolbendurchmesser	0,500	-
Volumetrischer Wirkungsgrad	85	Proc.
Saugquantum bei 25° und 740 mm Quecksilbersäule Secundenliter	197,8	
Compressionsspannung (abs.)	3,5	Atm.
Dampfarbeit mit dem Indicator gemessen	56,6	Pferd.
Pumpenleistung mit dem Indicator gemessen	45,3	-

Der stündliche Dampfverbrauch für diese Maschine wurde nach den Formeln Hrabák's ermittelt und setzt sich folgendermaassen zusammen.

1. Nutzbarer Dampfverbrauch	690 k
2. Dampfverlust durch Abkühlung	391 -
3. Dampfverlust durch Undichtheiten	163 -
Totaler stündlicher Dampfverbrauch am Ventil	1244 k.

Davon gehen stündlich etwa  $(690 + 163) = 853$  k Dampf in die Destillation.

Für jede indicirte Pferdekraft werden stündlich  $1244 : 56,6 = 22,0$  k Dampf gebraucht.

Betreibt man die Destillation mit Abdampf, aber ohne Zuhilfenahme des Vacuum, so herrscht vor dem Kolben die mittlere absolute Ausströmungsspannung von 2,33 Atm. Bei 0,45 Füllung rechnet sich die mittlere Spannungsdifferenz vor und hinter dem Kolben zu 2,3 Atm. Die 20 Proc. Reibungsarbeit entsprechen 0,46 Atm.

Die Endspannung am Schluss der Expansionsperiode muss also noch mindestens  $(2,33 + 0,46)$  Atm. = 2,79 Atm. absolut betragen. Sie beträgt bei 6,0 Atm. mittlerer absoluter Einströmungsspannung und 0,047 schädlichem Raum etwa 2,97 Atm. absolut; sie nähert sich etwa ebenso weit der erlaubten Grenzspannung, wie bei der vorstehend gerechneten Maschine, und erscheinen die gewählten Füllungsgrade in beiden Fällen

ungefähr gleich öconomicisch. Die 56,6 Pferd. erfordern nunmehr bei 1,2 m Kolbengeschwindigkeit und 2,3 Atm. mittlerer Spannungsdifferenz einen Nettoeylinderquerschnitt  $=(75 \cdot 56,6) : (1,2 \cdot 2,3 \cdot 10000) = 0,153805$  qm.

Ein Cylinderdurchmesservon 0,499 m enthält 0,158337 qm die Stange von 0,075 m Durchmesser hat einen Querschnitt 0,004418 - demnach hat der Cylinder einen Netto- querschnitt  $= 0,153919$  qm.

Mit Ausnahme dieser geänderten Zahlen, nämlich: Ausströmungsspannung, Füllung, mittlere Spannungsdifferenz vor und hinter dem Kolben, Dampfeylinder-Durchmesser und Nettoquerschnitt desselben, bleiben die Compressordaten ungeändert.

Die Ermittlung des stündlichen Dampfverbrauches ergab nunmehr:

1. Nutzbarer Dampfverbrauch	933 k
2. Dampfverlust durch Abkühlung	422 -
3. Dampfverlust durch Undichtheiten	163 -
Totaler stündlicher Dampfverbrauch am Ventil =	1538 k.

Davon gehen stündlich etwa  $(933 + 163)$  k = 1096 k Dampf in die Destillation.

Für jede indicirte Pferdekraft werden stündlich  $1538 : 56,6 = 27,2$  k Dampf gebraucht.

Im Allgemeinen ist über die Compressoranlage zu bemerken, dass man von ihr die grösstmögliche Betriebssicherheit verlangen muss. Deshalb findet die Übertragung der Dampfarbeit auf den Pumpenkolben entweder durch eine gemeinsame Kolbenstange oder durch einen Balancier statt, und werden die Arbeitsübertragungen vermittels Wellenleitungen von grossen Centralmaschinen vermieden, so dampfsparend sich auch solche Centralmaschinen erweisen würden.

Wegen der hohen Ausströmungsspannung ist es nicht möglich, den Dampfeylinder bei mittelgrossen Einströmungsspannungen mit kleinen Füllungen arbeiten zu lassen; dadurch wird die vom Dampfkolben während eines Hubes geleistete Arbeit gleichmässiger abgegeben als bei einer Ein-cylindermaschine mit starker Expansion, es würde bei Anwendung einer Woolff'schen oder Compoundmaschine der Vortheil der gleichmässigen Arbeitsabgabe, den diese Maschinen besitzen, weniger stark hervortreten, ausserdem spricht die schwache Expansion, auf welche man sich im vorliegenden Falle beschränken muss, gegen die Anwendung dieser Dampfmaschinensysteme; deshalb entspricht für Maschinen von berechneter Grösse die eincylindrig Dampfmaschine mit variabler Expansion vollständig. Man kann diese Maschine mit liegendem oder stehendem Cylinder anordnen, denn bei der berechneten Cylindergrösse sind beide Anordnungen durchaus betriebssicher. Bei der Ammoniaksodafabrikation dürfen sich nur in den allergrössten Anlagen Cylinder von solch grossen Dimensionen ergeben, dass sie die stehende Anordnung unbedingt erheischen.

Entscheidet man sich für trockene Compressoren, so müssen die Gase gekühlt werden und wendet man, da die Kühlung des Cylinderumfangs nur wenig wirksam ist, die Wassereinspritzung an. Die Gefahr eines raschen Ver-

derbens des Cylinders, der man beim Einspritzen von Brunnenwasser ausgesetzt ist, vermeidet man durch Einspritzen von Condensationswasser, welches aus dem Abdampf massenhaft ausgeschieden wird.

Bei der vorstehenden Berechnung wurde ein sogenannter nasser Compressor angenommen; in einem solchen wirkt ein Kolben oder Plunger auf eine Wasserfüllung des horizontal gelagerten Cylinders. Der Cylinder trägt bei der doppeltwirkenden Kolbenanordnung an beiden Enden, bei der nur einfach wirkenden Plungeranordnung an dem der Stopfbüchse entgegengesetzten Ende einen lothrechten Schenkel, an dessen oberem Ende die Ventile angeordnet sind. Bei jeder Kolbenstellung reicht die Wasserfüllung noch in diesen Schenkel hinein; die Kolbenbewegung bewirkt deshalb ein Aufsteigen oder Sinken der Wasseroberfläche in dem Schenkel, wodurch dieselbe den Gasen gegenüber die Rolle des Kolbens übernimmt.

Bei der Plungeranordnung sind fast stets zwei in horizontaler Axe liegende Cylinder vorhanden, wodurch diese Construction ebenfalls doppeltwirkend wird; für Compressoren ist diese Anordnung die verbreitetste, für Vacuumpumpe empfiehlt sich die Kolbenanordnung mehr. Diese nassen Compressoren sind, wenn richtig construirt, sehr betriebssicher, betriebsbequem und leistungsfähig. Sie gestatten Kolbengeschwindigkeiten, die denen der trockenen Compressoren nur wenig nachstehen. Das naheliegende Bedenken, dass das Wasser während der Compressions- und Ausdrückperiode Kohlensäure absorbirt und während der gleich darauf folgenden Saugperiode wieder entbindet, so dass derart ein grosser Vortheil dieser Pumpen, nahezu keinen schädlichen Raum zu besitzen, verloren ginge, ist unbegründet. Dies zeigt am besten das umstehend gezeichnete Diagramm eines solchen nassen Compressors. Darnach öffnet sich das Saugventil bereits nachdem der Kolben etwa 2 Proc. seines Hubes zurückgelegt hat. Der Kohlensäuregehalt der Gase war in Folge des kleinen Kalkofens von nur etwa 18 cbm Totalinhalt, etwas niedrig, derselbe schwankte bei der Aufnahme der Diagramme zwischen 26 und 29 Vol.-Proc. Kohlensäure.

Weil die Maschine im Verhältniss zu den anderen Apparaten viel zu gross war, wurde sie nur mit höchstens 0,8 m Kolbengeschwindigkeit betrieben.

Bei einer Steigerung der Kolbengeschwindigkeit wird jedoch der Einfluss der Kohlensäure auf den volumetrischen Wirkungsgrad (insofern von einem solchen überhaupt gesprochen werden kann) eher kleiner wie grösser, weil die Zeit zur Absorption kleiner wird.

Bei grossen Oefen wird der Kohlensäuregehalt allerdings erheblich grösser als 26 bis 29 Proc. In der Rechnung wurde er zu 30 Proc. angenommen, thatsächlich ist er höher, wodurch die Kohlensäure leichter absorbirt wird. Dagegen betrug bei der Aufnahme des Diagramms die Temperatur der Wasserfüllung des Cylinders nur etwa  $6^{\circ}$ ; man hat es in der Hand, diese Temperatur auf etwa  $25^{\circ}$  steigen zu lassen, wobei die Abnahme des Absorptionscoefficienten der Kohlensäure einen höheren Procentgehalt derselben in den Ofengasen leicht aufwiegert.

Im Übrigen zeigt das Diagramm einen unnötig hohen Spannungsabfall für den Durchgang der Gase durch das Druckventil, welcher sich durch eine andere Ventilconstruction beheben lässt; sowie ferner trotz kaltem Cylinder und kalten comprimirten Gasen im Druckrohr die bekannte Erhebung der Compressionscurve über die Mariotte'sche Linie, verursacht durch die bei der Compressions erzeugte Wärme. Bei nassen Compressoren kann sich dieselbe nicht durch Warmwerden der stets frisch benetzten Cylinderwände äussern. Das Innere des Luftquants kann seine Wärme auch nicht so rasch an die Cylinderwände und Wasseroberfläche abgeben und so zeigt sich ihr Vorhandensein durch die Höherlage der Compressionscurve an. Erst beim Durchstreichen der kalten und nassen Druckventile wird dieselbe zum grössten Theile abgegeben und vom mitgerissenen Wasser aufgenommen.

Jede Maschine, auch die betriebstüchtigste, muss ab und zu stillstehen behufs Vornahme kleiner Arbeiten, z. B. Nachlegen der Stopfbüchsenpackungen, Ventilauswechslungen u. s. w., abgesehen davon, dass ein unvermutheter Unfall auch eine sonst sehr zuverlässige Maschine treffen kann.

In Rücksicht darauf kann man sich mit einer completten Reservemaschine versehen, manche Fabriken vertheilen die Compressionsarbeit auf zwei Maschinen und halten eine dritte in Reserve.

Auf sehr einfache Weise schafft man sich dadurch eine grosse Betriebssicherheit, dass man die später zu berechnende Pumpe, welche die Gase der Calcination ansaugt, ebenfalls durch die Fällcolonne drücken lässt, wie dies bei der Berechnung des Quants der Kalkofengase bereits angenommen wurde. Der Gasstrom, welcher von dieser Pumpe geliefert wird, ist stark genug, das Nieders fallen des Bicarbonates in der Fällcolonne, welches sonst Ursache von unangenehmen Betriebsstörungen werden kann, während eines Stillstandes des grossen Kohlensäurecompressors, zu verhindern.

b) Die Destillations- Vacuumpumpe. Wie schon früher entwickelt wurde, herrscht im Saugrohr dieser Pumpe eine mittlere absolute Spannung von 0,5 Atm., im Druckrohr eine solche von 1,2 Atm.; dabei soll in der Minute vom Pumpenkolben ein Raum von 11 cbm = 183,333 Secundenliter durchlaufen werden.

Bei 1 m Kolbengeschwindigkeit ist also ein Nettoeylinderquerschnitt von 183,333 : (10,0 . 100) = 0,183 333 qm nothwendig.

Ein Cylinderdurchmesser von 0,488 m enthält 0,187038 qm die Stange von 0,063 m Durchmesser hat einen Querschnitt = 0,003117 - demnach hat der Cylinder einen Nettoquerschnitt von 0,183921 qm.

Bei 0,7 m Hub sind 42,8 Touren in der Minute erforderlich.

Bei den angegebenen Saug- und Druckspannungen ergibt sich eine mittlere Spannungsdifferenz vor und hinter dem Kolben von 0,55 Atm., wobei die Compressionslinie die bekannte Höherlage über der Mariotte'schen Linie hat und der Widerstand, den die Ventile dem Durchgang der

Gase entgegensezten, einer guten Ventilconstruction entsprechend, nur klein angenommen ist.

Der Pumpenkolben erfordert eine indicirte Arbeit gleich  $(0,183921 \cdot 0,55 \cdot 10000 \cdot 1) : 75 = 13,5$  Pferd. Im Pumpencylinder werden etwa 75 Proc. der aufgewendeten Dampfarbeit nutzbar gemacht, die nothwendige indicirte Dampfarbeit beträgt demnach  $13,5 : 0,75 = 18$  Indicatorpferde.

Eine Wiederholung der bereits beim Kohlensäurecompressor angestellten Rechnung behufs Prüfung der Zulässigkeit des Expansionsgrades ergibt, dass bei 6 Atm. mittlere absolute Einströmungsspannung und bei 1,63 Atm. mittlere absolute Ausströmungsspannung eine Füllung von 0,333 noch zulässig ist.

Die mittlere Spannungsdifferenz vor und hinter dem Kolben beträgt wieder 2,4 Atm.

Es ist demnach ein Nettoeylinderquerschnitt von  $(18 \cdot 75) : (1 \cdot 2,4 \cdot 10000) = 0,056250$  qm erforderlich.

Ein Cylinderdurchmesser von 0,275 m	enthält	0,059396 qm
die Stange von 0,063 m Durchmesser	hat einen Querschnitt =	0,003117 -
demnach hat der Cylinder einen Nettoquerschnitt von		0,056279 qm.

Die Maschinendimensionen sind demnach:		
Mittlere absolute Einströmungsspannung	6,0 Atm.	
Ausströmungsspannung	1,63 -	
Füllung	0,333 -	
Hub	0,7 m	
Touren, minutlich	42,8	
Kolbengeschwindigkeit	1 m	
Dampfeylinderdurchmesser	0,275 -	
Pumpencylinderdurchmesser	0,488 -	
Kolbenstangendurchmesser	0,063 - <sup>3)</sup>	
Beschriebener Kolbenraum die Minute	11,0 cbm	
Abs. Spannung im Saugrohr	0,5 Atm.	
Druckrohr	1,2 -	
Indicirte Dampfarbeit	18 Pferde.	

Die Ermittelung des stündlichen Dampfverbrauchs ergibt:

1. Nutzbarer Dampfverbrauch	219 k
2. Dampfverlust durch Abkühlung	178 -
3. - - - Undichtheiten	103 -
Summa Stundenverbrauch am Dampfventil	500 k.

Davon gelangen stündlich  $(219 + 103) k = 322 k$  in die Destillation.

Für jede indicirte Pferdekraft wird stündlich  $500 : 18 = 27,7$  k Dampf gebraucht.

c) Die Vacuumpumpe für die Filtration. Bei gutem Zustand der Filter und sorgfältiger Fabrikation benötigt man für 10000 k Tagesproduction in der Filtrirung einen stündlich durchlaufenen Kolbenraum von etwa 210 cbm. Dabei beträgt die Saugspannung 0,666 Atm. absolut und die Druckspannung 1,2 Atm. absolut, beide Spannungen im Saugrohr und Druckrohr gemessen.

Die mittlere Spannungsdifferenz vor und hinter dem Kolben beträgt unter Berücksichtigung der Höherlage der Compressionslinie und

<sup>3)</sup> Die Kolbenstangen, welche mit Ammoniak in Berührung kommen, sind kräftig gehalten, damit ein seinerzeitiges Nachdrehen wieder reine Stangen giebt.

bei kleinem Spannungsabfall in den Ventilen 0,5 Atm.

Der Kolbenraum von stündlich 210 cbm entspricht 58,4 Secundenliter.

Die Pumpe wird mit Transmissionsbetrieb angeordnet; dieselbe hat 0,500 m Hub und soll 50 Touren in der Minute machen. Die Kolbengeschwindigkeit beträgt demnach 0,833 m und es ist ein Nettocylinderraumquerschnitt erforderlich =  $0,0584 : 0,833 = 0,070108$  qm.

Ein Cylinderdurchmesser von 0,302 m enthält 0,071631 qm.  
die Stange von 0,044 m Durchmesser hat einen Querschnitt = 0,001520 -  
demnach hat der Cylinder einen Netto-  
querschnitt = 0,070111 qm.

Der Pumpenkolben indicirt eine Leistung (0,070111 . 0,5 . 0,833 . 10000) : 75 = 3,9 Pferde.

Bei den angegebenen Verhältnissen beträgt die indicirte Arbeit im Pumpencylinder mindestens 80 Proc. von der an die Welle abgegebenen effectiven Arbeit, es müssen daher an die Welle 3,9 : 0,8 = 5 Pferde effectiv abgegeben werden.

Die Pumpendimensionen sind demnach:

Hub	0,500 m
Cylinderdurchmesser	0,302 -
Stangendurchmesser	0,044 -
Touren, minutlich	50
Kolbengeschwindigkeit	0,833 m
Abs. Spannung im Saugrohr	0,666 Atm.
Druckrohr	1,2 -
Effective Arbeit an der Welle	5 Pferde.

Vacuumpumpe für die Calcination. Die in der Calcination aus dem Bicarbonat weggetriebenen Gase bestehen aus Kohlensäure, Wasserdampf und Ammoniak, welchem Gemisch je nach der Sorgfalt der Ofenbedienung eine grössere oder geringere Menge Luft beigemengt ist; der Wasserdampf, eine kleine Menge Kohlensäure und das Ammoniak werden in einem Waschapparate zurückgehalten.

Das Bicarbonat wird in einer geschlossenen Schale solange erhitzt, bis alles Ammoniak weggetrieben ist, hierauf in einen zu der Schale gehörenden Muffelofen gekrückt und fertig calcinirt, die Gase der Schale werden abgesaugt, die des Ofens entweichen in den Kamin.

Die Gesammtmenge stündlich auszutreibender Kohlensäure beträgt 190,25 k. Bei der Berechnung des Kohlensäurecompressors wurde angenommen, dass davon 80,5 k wieder in die Fäll-colonne gepumpt werden. Die absolute Spannung im Saugrohr beträgt wegen des Widerstandes des Waschapparates etwa 0,666 Atm., 1 cbm Kohlensäure von dieser Spannung wiegt bei  $25^{\circ} = 1,2$  k und 80,5 k haben ein Volumen von 67,1 cbm.

Weil der Abschluss der Passiröffnungen, sowie das Arbeiten in der Schale Gelegenheit zum Eindringen von Luft gibt, so wird angenommen, dass ein dem Kohlensäurevolumen etwa gleiches Volumen Luft den Gasen beigemengt ist und demnach stündlich etwa 134,2 cbm oder rund 135 cbm angesaugt werden müssen. Bei 85 Proc. volumetrischem Wirkungsgrad entspricht dies 135 : 0,85 = 158,8 cbm stündlich oder 44,1 l

secundlich durchlaufenem Kolbenraum. Die Gase sollen im Druckrohr eine mittlere absolute Spannung von 3,5 Atm. besitzen, bei der genannten absoluten Spannung im Saugrohr von 0,666 Atm. beträgt die mittlere Spannungsdifferenz vor und hinter dem Kolben 1,41 Atm.

Die Pumpe wird mit Transmissionsantrieb versehen, der Hub soll 0,5 m betragen und sie soll 50 Touren in der Minute machen.

Die Kolbengeschwindigkeit beträgt also 0,833 m. Der erforderliche Nettoquerschnitt des Cylinders ist  $0,0441 : 0,833 = 0,052941$  qm.

Ein Cylinderdurchmesser von 0,265 m	enthält 0,055155 qm
die Stange von 0,050 m Durchmesser	hat einen Querschnitt = <u>0,001964</u> -
demnach hat der Cylinder einen Netto- querschnitt = 0,053191 qm.	

Der Pumpenkolben indicirt eine Leistung = 8,33 Pferde.

Bei den angegebenen Verhältnissen beträgt die indicirte Arbeit im Pumpencylinder mindestens 84 Proc. von der an die Welle abgegebenen effectiven Arbeit, es müssen daher an die Welle 8,33 : 0,84 = rund 10 Pferde effectiv abgegeben werden.

Die Pumpendimensionen sind demnach:

Hub	0,500 m
Cylinderdurchmesser	0,265 -
Stangendurchmesser	0,050 -
Touren, minutlich	50
Kolbengeschwindigkeit	0,833 m
Abs. mittlere Spannung im Saugrohr	0,666 Atm.
Druckrohr	3,50 -
Effective Arbeit an der Welle	10 Pferde.

Die drei zuletzt behandelten Pumpen kann man als trockene anordnen, doch ist die Anwendung nasser Vacuumpumpen vortheilhafter, nur empfiehlt sich, bei letzteren statt der sonst gebräuchlichen Doppelcylinger mit Plunger einen doppeltwirkenden Cylinder mit einem Kolben anzuwenden, weil die grossen Stopfbüchsen der Plunger leichter Anlass zum Eindringen von Luft geben, wie die kleinen Stopfbüchsen der Kolbenstangen.

Die Vacuumpumpen für die Filtration und Calcination, welche Transmissionsantrieb erhalten, können von einer gemeinschaftlichen Kurbelwelle mit unter  $90^{\circ}$  versetzten Kurbeln angetrieben werden, wodurch man gleichförmigeren Kraftbedarf und ruhigeren Gang der Pumpen erhält; es soll aber alsdann jede Pumpe selbstständig ausrückbar sein.

Die Soolepumpe. Die Soolepumpe hat täglich 67,6 cbm Soole zu fördern; dies entspricht 0,8 Secundenliter, sie wird jedoch auf 1 Secundenliterförderung berechnet.

Die gesamte Widerstandshöhe nämlich, Saughöhe, Druckhöhe und Widerstandshöhe für Rohrrreibung, Ventilwiderstand u. s. w. beträgt 25 m.

Bei 0,9 Lieferungsgrad und eincylindriger Plungerpumpe muss der Plunger die Secunde einen Raum =  $2 \cdot 1 : 0,9 = 2,22$  l beschreiben.

Nimmt man den Plungerdurchmesser zu 0,12 m an, so erhält man einen Querschnitt von

0,011309 qm, die Geschwindigkeit muss also  $0,00222 : 0,011309 = 0,196$  m oder rund 0,2 m betragen. Den Hub zu 0,250 m angenommen, sind 24 Touren die Minute erforderlich.

Die Soole hat 1,2 spec. G., die Pumpe erfordert an Arbeit  $\alpha$  (1 . 1,2 . 25) : 75 Pferde. Nimmt man  $\alpha$  zu 1,25 an, so ergibt sich 0,5 Pferde.

Da das zu hebende Soolequantum nur 0,8 Secundenliter beträgt, so braucht die Pumpe auch nur 19,2 Stunden täglich zu arbeiten. Die ununterbrochen nothwendige Betriebskraft ist daher mit 0,5 Pferdekraft reichlich bemessen.

Die Daten der Soolepumpe sind demnach

Plunger-Durchmesser	0,120 m
Hub	0,250 -
Touren, minutlich	24
Kolbengeschwindigkeit	0,2 m
Lieferungsgrad	0,9 -
Gepumptes Quantum, secndl.	1 l
Widerstandshöhe	25 m
Effective Arbeit an der Welle	0,5 Pferde.

Diverse Maschinen. Zum Betrieb einer Mühle zum Sodamahlen, ferner einer Centrifuge, um die in der Filtration etwa noch feucht gebliebenen Anteile Bicarbonat vollständig zu trocknen, sowie zur Überwindung der Transmissionsreibung werden 16 effective Pferde angenommen.

Die Betriebsmaschine. Die Betriebsmaschine hat beizustellen:

1. für die Vacuumpumpe der Filtration	5,0 eff. Pf.
2. für die Vacuumpumpe der Calcination	10,0 - -
3. für die Soolepumpe	0,5 - -
4. für diverse Maschinen- und Transmissionsreibung	16,0 - -
	31,5 eff. Pf.

Dies entspricht 40 Indicatorpferden.

Unter Bezugnahme auf die beim Kohlensäure-Compressor angenommenen Spannungen ergibt sich bei 0,333 Füllung wieder eine mittlere Spannungsdifferenz vor und hinter dem Kolben von 2,4 Atm. Die Kolbengeschwindigkeit zu 1,5 m und den Hub zu 0,600 m angenommen, muss die Maschine 75 Touren in der Minute machen.

Es ist demnach ein Nettocylinderquerschnitt  $= (40 . 75) : (1,5 . 2,4 . 10000) = 0,083333$  qm nothwendig.

Ein Cylinderdurchmesser von 0,330 m enthält	0,085530 qm
die Stange von 0,052 m Durchmesser hat einen Querschnitt =	0,002124 -
demnach hat der Cylinder einen Nettoquerschnitt =	0,083406 qm.

Die Maschinendimensionen sind demnach:

Mittlere absolute Einströmungsspannung	6,0 Atm.
Ausströmungsspannung	1,63 -
Füllung	0,333 -
Dampfzylinderdurchmesser	0,330 m
Stangendurchmesser	0,052 -
Hub	0,600 -
Kolbengeschwindigkeit	1,5 -
Touren, minutlich	75
Indicirte Leistung	40 Pferde.

Die Berechnung des Dampfverbrauches ergibt:

1. der stündliche nutzbare Dampfverbrauch beträgt	487 k
2. der stündliche Verlust durch Abkühlung beträgt	204 -
3. der stündliche Dampfverlust durch Undichtheiten beträgt	123 -
der Stundenverbrauch am Ventil beträgt	814 k.

Davon gehen 610 k in die Destillation.

Für jede indicirte Pferdekraft werden stündlich  $814 : 40 = 20,4$  k Dampf gebraucht.

Betreibt man die Destillation mit dem Abdampf der Maschinen, aber ohne Zuhilfenahme des Vacuum und führt die Berechnungen analog denjenigen, welche beim Kohlensäure-Compressor angestellt wurden, durch, so ergibt sich wieder bei einer Füllung von 0,45 eine mittlere Spannungsdifferenz vor und hinter dem Kolben von 2,3 Atm. Bei 1,5 m Kolbengeschwindigkeit ist also jetzt ein Nettokolbenquerschnitt erforderlich  $= (75 . 40) : (1,5 . 2,3 . 10000) = 0,086956$  qm.

Ein Cylinderdurchmesser von 0,337 m enthält	0,089197 pm
die Stange von 0,052 m Durchmesser hat einen Querschnitt =	0,002124 -
demnach hat der Cylinder einen Nettoquerschnitt =	0,087073 qm.

Der Hub und die Tourenzahl bleiben unverändert.

Für diese Maschine lauten demnach die Daten:	
Mittlere absolute Einströmungsspannung	6,00 Atm.
Ausströmungsspannung	2,33 -
Füllung	0,45
Dampfzylinderdurchmesser	0,337 m
Stangendurchmesser	0,052 -
Hub	0,600 -
Kolbengeschwindigkeit	1,5 -
Indicirte Leistung	40 Pferde.

Die Berechnung des Dampfverbrauches ergibt:

1. der stündliche nutzbare Dampfverbrauch beträgt	660 k
2. der stündliche Verlust durch Abkühlung beträgt	230 -
3. der stündliche Verlust durch Undichtheiten beträgt	123 -
der Stundenverbrauch am Dampfventil beträgt	1013 k.

Davon gehen 783 k in die Destillation.

Für jede indicirte Pferdekraft werden stündlich  $1013 : 40 = 25,3$  k Dampf gebraucht.

Die Wasserpumpe. Die nachstehende Ermittlung des Kühlwasserverbrauches genügt für eine Kühlwassertemperatur von 20°, wie sie im Juli-August in solchen Brunnen, die ihren Hauptzufluss aus Bächen erhalten, manchmal eintritt.

Der stündliche Verbrauch beträgt:

1. Für 2 Ammoniak-Absorber und 2 Destillirecolonnen	16 cbm.
---	---------

Dieses Wasser wird noch benutzt

a) zum Kesselspeisen	3,2 cbm
b) zur Filtrirung	0,4 -
c) zur Kalkmilchbereitung	1,6 -
d) zum ersten Waschapparat der Kalkofengase	10,0 -
	15,2 cbm
2. Kühlwasser der Fällcolonne	6,0 cbm
3. Waschwasser der Gase der Fällung und der Calcination (dient später zur Soolebereitung)	2,6 -

4. Kühlwasser für die Calcinationswaschapparate	7,0 cbm
5. Zweiter Waschapparat der Kalkofengase	1,5 -
6. Spritzwasser der nassen Compressoren und Diverses	2,9 -
	<u>36 cbm</u>
oder 10 Secundenliter.	

Bei 0,9 Lieferungsgrad muss der Kolben stündlich einen Raum von  $10 : 0,9 = 11,1$  l beschreiben.

Bestimmt man die Kolbengeschwindigkeit zu 0,333 m (gleich 20 m Kolbenweg in der Minute), so sind bei 0,400 m Hub 25 Touren in der Minute zu machen. Der Nettocylinderquerschnitt muss bei doppeltwirkender Pumpe betragen  $0,0111 : 0,333 = 0,033330$  qm.

Ein Cylinderdurchmesser von 0,210 m enthält	0,034636 qm
die Stange von 0,040 m Durchmesser hat einen Querschnitt	<u>0,001256 -</u>
darnach hat der Cylinder einen Nettoquerschnitt =	<u>0,033380 qm.</u>

Die gesammte Widerstandshöhe nämlich: Saughöhe, Druckhöhe und Widerstandshöhe für Rohrreibung, Ventilwiderstand u. s. w. wird zu 28 m angenommen, es erfordert die Pumpe daher eine Arbeit an der Welle =  $\alpha \cdot (10 \cdot 28) : 75$  Pferde.  $\alpha$  beträgt etwa 1,25 und man erhält demnach  $1,25 (10 \cdot 28) : 75 = 4,66$  Pferde effectiv.

Der Dampfkolben muss demnach etwa 6,4 Indicatorpferde leisten.

Die Dampfmaschine und die Pumpe sind auf einem gemeinschaftlichen Bett angebracht und erfolgt die Übertragung der Kraft von der Dampfmaschine auf die Pumpe durch ein Rädervorgelege. Es soll die Dampfmaschine 90 Touren, also  $3\frac{3}{5}$  mal soviele Umdrehungen wie die Pumpe machen. Die Kolbengeschwindigkeit wird zu 1 m angenommen, der Hub muss daher 0,333 m betragen.

Auch hier ist bei Anwendung der unten angeführten Spannungen eine Füllung von 0,33 noch zulässig. Die mittlere Spannungsdifferenz vor und hinter dem Kolben beträgt wieder 2,4 Atm., der Cylinder muss also einen Nettoquerschnitt besitzen  $= (6,4 \cdot 75) : (1 \cdot 2,4 : 10000) = 0,020000$  qm.

Ein Cylinderdurchmesser von 0,164 m enthält	0,021124 qm
die Stange von 0,035 m Durchmesser hat einen Querschnitt =	<u>0,000962 -</u>
demnach hat der Cylinder einen Nettoquerschnitt =	<u>0,020162 qm.</u>

Die Daten der Pumpe sind:	
Mittlere absolute Einstromungsspannung	6,0 Atm.
Ausstromungsspannung	1,63 -
Fullung	0,333
Dampfeylinderdurchmesser	0,164 m
Stangendurchmesser	0,035 -
Hub	0,333 -
Kolbengeschwindigkeit	1,0 -
Touren, minutlich	90
Indicirte Leistung	6,4 Pf.
Pumpencylinderdurchmesser	0,210 m
Stangendurchmesser der Pumpe	0,040 -
Hub der Pumpe	0,400 -
Kolbengeschwindigkeit der Pumpe	0,333 -
Touren der Pumpe, minutlich	25

Gepumptes Wasserquantum, secundl.	10 l
Totaler Widerstandshöhe	28 m
An der Welle notwendige Arbeit	4,66 Pf.
Die Berechnung des Dampfverbrauches ergibt:	
1. der nutzbare Dampfverbrauch beträgt stündlich	79 k
2. der Dampfverbrauch durch Abkühlung beträgt stündlich	54 -
3. der Dampfverlust durch Undichtheiten beträgt stündlich	59 -
der Stundenverbrauch am Ventil beträgt	<u>192 k.</u>

Davon gehen 138 k in die Destillation.

Für jede indicirte Pferdekraft werden stündlich  $192 : 6,4 = 30,0$  k Dampf gebraucht.

Betreibt man die Destillation mit dem Abdampf der Maschinen, aber ohne Zuhilfenahme des Vacuums, so ergibt die Berechnung mit den bekannten Einströmungs- und Ausstromungsspannungen eine Füllung von 0,5 und die mittlere Spannungsdifferenz vor und hinter dem Kolben ist 2,51 Atm.

Der Nettoquerschnitt des Dampfeylinders muss betragen  $(6,4 \cdot 75) : (1 \cdot 2,51 \cdot 10000) = 0,019123$  qm.

Ein Cylinderdurchmesser von 0,160 m enthält	0,020106 qm
die Stange von 0,035 m Durchmesser hat einen Querschnitt =	<u>0,000962 -</u>
demnach hat der Cylinder einen Nettoquerschnitt =	<u>0,019144 qm.</u>

Es ändern sich also von den Maschinendaten nur:

die mittlere absolute Ausstromungsspannung ist nun	2,33 Atm.
die Füllung ist	0,5
der Dampfeylinderdurchmesser ist	0,160 m
die anderen Daten bleiben ungeändert.	

Die Berechnung des Dampfverbrauches ergibt die Stunde:

1. der nutzbare Dampfverbrauch beträgt	111 k
2. der Dampfverbrauch durch Abkühlung beträgt	65 -
3. der Dampfverlust durch Undichtheiten beträgt	60 -
der Stundenverbrauch am Ventil beträgt	<u>236 k.</u>

Davon gehen 171 k in die Destillation.

Für jede indicirte Pferdekraft werden stündlich  $236 : 6,4 = 36,9$  k Dampf gebraucht.

Der Kalksteinaufzug, der Kalkmilch-elevator und das Rührgebläse. Zum Betrieb der Kalksteinaufzugsmaschine werden stündlich 10 k Dampf angenommen, der Abdampf dieser Maschine geht in die Luft. Die frisch zubereitete, etwa 50 bis 60° warme Kalkmilch wird mittels Dampfstrahlelevator in ein gegen Wärmeverluste möglichst gut geschütztes und eben zugedecktes Hochreservoir gehoben. In demselben soll die Kalkmilch auf etwa 90° gebracht werden, weshalb noch Zuleitung von Dampf erforderlich ist. Dieser Dampf betreibt zur besseren Verhinderung des Absitzens der Kalkmilch ein Rührgebläse; dasselbe saugt seine Luft aus dem oberen Theil des geschlossenen Reservoirs an.

Für Elevator und Rührgebläse werden stündlich 160 k Dampf angenommen, so dass unter Hinzurechnung des Verbrauches der Steinaufzugsmaschine an dieser Stelle 170 k Dampf stündlich

gebraucht werden. Dieselben sind der Destillation nicht besonders gutzuschreiben, weil sie schon durch die Annahme einer 90° warmen Kalkmilch berücksichtigt sind.

### 5. Zusammenstellung.

Nachdem der Dampfverbrauch und die Leistung der einzelnen Maschinen ermittelt wurde, kann nunmehr die Zusammenstellung des gesamten Dampfverbrauchs für die Maschinen und des für die Destillation disponiblen Abdampfquantums erfolgen. Diese Zusammenstellung ist für die beiden Betriebsarten der Destillation (entweder mit Vacuum oder ohne dasselbe) getrennt vorgenommen worden.

Tabelle V.

Post	Benennung	Indicator-Pferde	Destillationsbetrieb			
			mit Vacuum		ohne Vacuum	
			der Maschinen	der Maschinen	der Maschinen	der Maschinen
			Dampf-verbr. k	Dampf-abgabe k	Dampf-verbr. k	Dampf-abgabe k
1	Kohlensäure-Compress.	56,6	1244	853	1538	1096
2	Destillations - Vacuum-pumpe . . . . .	18,0	500	322	—	—
3	Betriebsmaschine . . . . .	40,0	814	610	1013	783
4	Wasserpumpe . . . . .	6,4	192	138	236	171
5	Steinaufzug, Kalkmilch-elevator und Rührge-bläse . . . . .	—	170	—	170	—
6	Condensat i. d. Dampf-röhren und überge-kochtes Kesselwasser etwa 8 Proc. . . . .	—	250	—	250	—
		121,0	3170	1923	3207	2050

Die Maschinen Post 1 und 4 geben ihren Abdampf bei dem Betriebe mit Vacuum gemeinschaftlich in das erste Destillationssystem, sie liefern stündlich 991 k Abdampf; die beiden Maschinen Post 2 und 3 versorgen ebenso das zweite Destillationssystem mit stündlich 932 k Abdampf.

Bei der Destillation wurde ausgeführt, dass man bei zwei Systemen, à vier Destillirkessel, im Sommer stündlich 1860 k Abdampf und im Winter 1976 k Abdampf, d. h. 930 k bez. 988,0 k pro System benötigt; da ein mit 5 Kesseln ausgerüstetes Destillationssystem weniger Dampf beansprucht, so wird, um ganz sicher zu rechnen, der Winterbedarf der Fünfkesselanlage gleich dem Sommerbedarf der Vierkesselanlage, d. h. zu 930 k pro System und Stunde gesetzt, also im Vergleich zur Vierkesselanlage nur um 58 k = 6 % ermässigt.

Es ist deshalb für den Betrieb mit Vacuum nicht nur immer die nötige Menge

Dampf vorhanden, sondern es bleibt bei den Maschinen No. 1 und 4 ein mässiger Dampfüberschuss, den man zum Heishalten des Kesselspeisewassers verwenden kann. Schickt man diesen kleinen Dampfüberschuss in die Destillation, so beschleunigt man das Austreiben des Ammoniak etwas, ohne im Übrigen schädlich zu wirken; denn sobald das dem Kühler zuströmende Gasgemisch reicher an Wasserdampf wird, wächst auch der Wärmetransmissionscoefficient der Kühlflächen, so dass nur der kleinste Theil des mehr zugeleiteten Dampfes den Kühler uncondensirt verlässt.

Bei dem Destillationsbetrieb ohne Vacuum läuft die abdestillirte Lauge unter höherem Druck und dementsprechend höherer Temperatur fort, wie bei dem Betriebe mit Vacuum, es ergibt die Rechnung dafür einen Mehraufwand von reichlich 100 k Heizdampf die Stunde; d. h. von total 1038 k Dampfverbrauch pro System für den Winter.

Der Kohlensäurecompressor kann mit seinen 1096 k Abdampf allein ein System versorgen und noch Dampf zu anderweitigen Zwecken abgeben, während die Betriebsmaschine und Wasserpumpe vereint den Bedarf des zweiten Systems nur schwach decken. Abgesehen von dieser ungleichen Dampfversorgung der beiden Systeme müssen die Dampfkessel auch eine kleine Quantität Dampf, etwa 37 k stündlich, mehr erzeugen. Der Bau der Anlage ist jedoch einfacher und billiger, weil die Vacumpumpe der Destillation entfällt, wodurch der geringe Mehrverbrauch an Dampf aufgewogen wird. Blos vom Standpunkte des Dampfverbrauches und der Anlagekosten aus beurtheilt, sind demnach beide Betriebsarten ziemlich gleichwertig, das Arbeiten mit Vacuum ist jedoch betriebsbequemer und wirkt auf Verminderung des Ammoniakverlustes hin, deshalb verdient es den Vorzug.

Verwendung einer Centraldampfmaschine. Durch Verwendung einer Centraldampfmaschine liesse sich beim Destillationsbetrieb mit Abdampf und Vacuum noch eine kleine Dampfersparniss erzielen, in der Praxis wird jedoch diese Betriebsart wegen der leichteren Möglichkeit von Betriebsstörungen niemals angewendet; zum Mindesten wird stets die Kohlensäurepumpe mit einem eigenen Dampfcylinder versehen.

Betrieb der Destillation mit frischem Kesseldampf. Verzichtet man auf die Verwendung des Abdampfes, betreibt also die Destillation mit frischem

Kesseldampf, so geschieht dies fast immer ohne Anwendung des Vacuums, weil man den Flüssigkeitswiderstand der Apparate leicht überwinden kann. Von der Einrichtung einer Centraldampfmaschine mit Condensation, welche Einrichtung nicht betriebs sicher genug ist, abgesehen, ist der Gesamtdampfverbrauch erheblich grösser wie bei der Verwendung von Abdampf. Trotzdem lassen noch manche Fabriken die Maschinen in die Luft auspuffen und betreiben die Destillation mit frischem Kesseldampf; es ist dies einfacher, ebenso betriebssicher, aber nicht so betriebsbequem wie die Verwendung des Abdampfes mit Vacuum.

Die Dampfmaschinen der Posten 1, 3 und 4 der Tabelle V erhalten, den vermindernden Ausströmungsspannungen entsprechend, kleinere Füllungen, und brauchen diese Maschinen bei denselben Kolgengeschwindigkeiten nun durchschnittlich fast genau 20 k Dampf pro Indicatorförd. und Stunde.

Die Post 5 der Tabelle V bleibt ungeändert, die Post 2, Vacuumpumpe, entfällt, es ist jedoch nun der Winterdampfverbrauch der Destillation besonders in Rechnung zu stellen. Derselbe wird mit 1860 k angesetzt, gleiche Gewichte von Abdampf und frischem Kesseldampf werden also in Rücksicht auf ihre Wirkung in der Destillation gleich hoch bewertet. Es wäre diesbezüglich zu bemerken: der frische Kesseldampf kann die Lauge mehr lockern wie der Abdampf und befördert dadurch das Austreiben des Ammoniak ähnlich so wie ein rasch gehendes, die Lauge peitschendes Rührwerk; dagegen bedingt die Abwesenheit des Vacuums das Abblasen der ausdestillirten Lauge unter höherem Druck und demgemäß höherer Temperatur und bewirkt dieser Umstand einen Mehrverbrauch von reichlich 100 k Dampf stündlich. Es wird nun angenommen, dass dieser Mehrverbrauch durch die bessere Destillationswirkung des Kesseldampfes ausgeglichen wird. Der Dampfverbrauch beträgt demnach stündlich:

1. 103 Pferde à 20 k Dampf	2060 k
2. Steinaufzug, Kalkmilchelevator und Rührgebläse	170 -
3. Destillationsverbrauch im Winter	1860 -
4. Condensat in den Dampfröhren und übergekochtes Kesselwasser etwa 8 Proc.	350 -
	4440 k.

Es ergibt sich also ein Mehraufwand von 4440 — 3170 = 1270 k Dampf die Stunde zu Ungunsten dieses Betriebes im Vergleich mit dem Betrieb mit Abdampf und Vacuum.

Diesen starken Dampfverbrauch könnte man durch Umwandlung der Kohlensäurepumpe und der Betriebsmaschine in Condensationsmaschinen etwas vermindern, wäre aber nun leichter Betriebsstörungen ausgesetzt, wie bei der Anwendung einer Vacuumpumpe für die Destillation und der Verwendung des Maschinenabdampfes, ohne jedoch so dampfsparend arbeiten zu können.

Es erweist sich demnach der Betrieb der Destillation mit dem Abdampf der Maschinen unter Zubilfenahme des Vacuums als der am meisten empfehlenswerthe.

### Über die Verwendung von Nitroso- $\beta$ -naphtol in der quantitativen Analyse, insbesondere zur Trennung von Nickel und Kobalt.

Von

G. v. Knorre.

Vor längerer Zeit habe ich in Gemeinschaft mit M. Ilinski Trennungen von Kobalt und Nickel (Ber. chem. Ges. 1885, 699) sowie von Eisen und Aluminium (a. a. O. S. 2728) mittels Nitroso- $\beta$ -naphtol beschrieben. Später zeigte ich, dass sich Eisen und Kupfer auf denselben Wege auch noch von verschiedenen anderen Metallen scheiden lassen<sup>1)</sup>. Die beschriebenen Methoden beruhen darauf, dass in essigsaurer Lösung Kobalt, Eisen und Kupfer durch Nitrosonaphthol quantitativ ausgefällt werden, während Aluminium, Blei, Cadmium, Calcium, Magnesium, Mangan, Nickel<sup>2)</sup>, Zink u. s. w. in Lösung bleiben. Neuerdings hat M. Schleier (Chem. Ztg. 1892, No. 26) gezeigt, dass sich auch eine genaue Trennung von Eisen und Beryllium mittels Nitrosonaphthol ausführen lässt.

Ausserdem liegen noch eingehende Prüfungen dieser Bestimmungsmethoden von verschiedenen Seiten vor.

Em. Breutel (Ber. d. österr. Ges. d. chem. Ind. 1886, 129) empfiehlt warm die Anwendung von Nitrosonaphthol zur Trennung von Eisen und Aluminium.

In eingehender Weise hat C. Meineke in seinen Studien über die Analyse von Rohstoffen und Producten der Eisenindustrie (d. Z. 1888 S. 3, 68, 219, 252) die Verwendung des Nitrosonaphthols zur Trennung von Eisen und Mangan (a. a. O. S 5 und S. 259) geprüft. Meineke fand z. B. in fünf Ferromanganproben an Mangan:

Durch Fällung mit Nitrosonaphthol	Nach der Acetatmethode
50,11 Proc.	50,09 Proc.
52,66 -	52,38 -
53,10 -	53,32 -
78,20 -	78,33 -
78,59 -	78,68 -

<sup>1)</sup> Ber. chem. Ges. 1887, 283; Chem. Ind. 1887 No. 4; bezüglich der Trennung von Eisen und Mangan vgl. auch Stahl und Eisen 1887, 170.

<sup>2)</sup> Ni bleibt nur bei Anwesenheit von Mineralsäure vollständig in Lösung.