

hintere bez. obere Theil der Condensation kühl erhalten werden, was vermutlich in genügender Weise durch Berieselung mit Wasser erzielt werden könnte. Bei besseren Vorrichtungen, als wir sie anwenden konnten, also z. B. mit einem Plattenthurme, wird man dann sicher weit weniger Stickoxyd als bei unseren Versuchen verlieren.

Die Vermehrung der Luft (Versuch 9) oder des Wassers (Versuch 10) hat eine nennenswerthe Verbesserung des Regenerierungsvorganges nicht zur Folge gehabt.

Zürich, technisch-chemisches Laboratorium des Polytechnikum.

Neue Gasentwicklungsapparate.

Für einen Filtrirapparat sollte eine Vorrichtung construirt werden, welche demselben einen continuirlichen Kohlensäurestrom unter Druck zuführte. Diese Aufgabe wurde auf folgende Weise befriedigend erledigt.



Fig. 51.



Fig. 52.

In einer mit gutschliessendem Kautschukstopfen und Ableitungsrohr versehenen Flasche befindet sich ein durchlässiger Thoncylinder, welcher die zur Gasentwicklung bestimmte Säure aufnimmt, während ausserhalb desselben eine Lösung von doppeltkohlensaurem Natron eingefüllt wird (Fig. 51 und 52). — Die Säure sickert langsam durch die Poren des Cylinders und erzeugt auf diese Weise einen schwachen, aber stetigen Gasstrom.

Da diese kleinen Apparate sehr einfach und billig herzustellen sind und vielleicht auch für andere Zwecke Verwendung finden können, so wollen wir an dieser Stelle darauf aufmerksam machen.

Greiner & Friedrichs in Stützerbach.

Bericht des Techniker-Vereins der sächs.-thür. Mineralölindustrie über sein Vereinsjahr 1892.

Der Verein¹⁾ zählte im verflossenen Jahre 21 Mitglieder. Den Vorsitz führte, wie bisher, Grotowsky-Korpsen, als dessen Stellvertreter fungirte Krey-Webau. Es fanden drei Sitzungen statt, über deren Inhalt an Vorträgen und Mittheilungen und daran geknüpften Besprechungen in Folgendem berichtet werden soll²⁾.

Im Vordergrund des Interesses steht immer noch die Verwendung der Schweelgase zur Beheizung der Schweiölöfen, die schon in den beiden Vorjahren mehrfach besprochen worden ist³⁾. Im Berichtsjahr hat Reinicke über den Gegenstand vorgetragen. Er hat in der ihm unterstellten Fabrik Trebnitz im September 1891 12 Schweiölöfen von 1,3 m Durchmesser und 6 m Höhe mit Gasfeuerung eingerichtet. Er leitet die von der Condensation mittels Körting'schen Luftsaugeapparates abgesogenen Schweielgase in eine Kammer, aus der sie durch einige Schlitze oberhalb des zweiten Zuges unmittelbar unter dem aufsteigenden Zuge in den Verbrennungsraum treten. Dort mit den Rostheizgasen in innigste Mischung tretend, werden sie — bei sicherer Zündung — vollkommenster Verbrennung überliefert, da die Rostheizgase an den Schlitzen vorüberstreichen und die Schweielgase Sauerstoff im Überschuss enthalten. Bisher sind störende Einflüsse der Flugasche nicht beobachtet worden und die an den exponirten Stellen verwendeten Kulmizsteine zeigen bislang keine Abnutzung. Die intensivste Hitze zeigt sich im 3. Zug, also am Ende der Schweiölzone der Öfen ohne Gasfeuerung. Dort vorgenommene Temperaturmessungen mit Seger'schen Verbrennungskegeln ergaben 1150 bis 1200°. Reinicke schreibt diese Temperatur als die höchste zulässige vor. Er ist von den Betriebsergebnissen sehr befriedigt. Die Öfen litten früher an dem Übelstand zu enger Züge und konnten daher auch mit bester Feuerkohle nur auf mässige Temperatur gebracht werden, es wurden auf 18 hl Schweiökohle 20 hl Feuerkohle in 24 Stunden für jeden Ofen gebraucht, der in der gleichen

¹⁾ Gegründet 1887.

²⁾ In den Vorjahren hat der Verein besondere Jahresberichte herausgegeben. Da fast alle Vereinsmitglieder der Deutschen Ges. f. angew. Chemie angehören, ist in diesem Jahre deren Organ zur Veröffentlichung des Berichts gewählt worden.

³⁾ Jahresber. des Techn.-Ver. der sächs.-thür. Mineralölindustrie 1890, 1891. Wernecke. Schliephacke.

Zeit 850 k Theer lieferte. Nach Einführung der Gasfeuerung wurden in 24 Stunden 29,5 hl Schwellkohlen in jedem Ofen durchgesetzt, die 1300 k Theer lieferten und nur 14,5 hl Feuerkohle verbraucht. Mithin steigt die Leistungsfähigkeit des Ofens hinsichtlich der Schwellkohle um 64 Proc. und die Ersparniss an Feuerkohle beträgt 27,5 Proc. Da genügende Mengen Gas producirt wurden, so leitete Reinicke einen Theil über den Rost und drückte bei einem Ofen den Feuerkohlenverbrauch auf 9 hl hinunter, so dass dabei die Feuerkohlenersparniss auf 55 Proc. stieg. Die verschweelte Kohle sinkt in ihrer Qualität selbstverständlich mit dem Minderverbrauch an Feuerkohle und Mehrverbrauch an Schwellkohle, indessen behauptet Reinicke, keine Theerverschlechterung beobachtet zu haben. Bei gleicher Schwellkohle war der Theer, ob mit oder ohne Gasfeuerung erzeugt, derselbe hinsichtlich specifischen Gewichts (0,885), Erstarrungspunktes (30,5), des Kreosotgehaltes der Rohöle u. s. w. Die Temperatur von 1200° im dritten Zuge nicht zu überschreiten, ist besonders wichtig wegen der Qualität des Grudekoks. Reinicke ist der Meinung, dass ein stärkeres Erhitzen sehr wohl einen minderwerthigen Koks zur Folge haben könne und ist für ihn die Frage, ob ein Koks leichter oder schwerer anbrennt, identisch mit der, ob er leichter oder schwerer verbrennt. Er geht bei seinen Untersuchungen von der Voraussetzung aus, dass je kürzer die Zeit, die eine bestimmte Menge Koks braucht, auf einer im Glühen erhaltenen Fläche zu veraschen, um so leichter brennbar ist er, und umgekehrt desto schwerer brennbar, je länger der Zeitraum ist. Er gelangt so zu folgender Bewertungsmethode von Grudekokos:

2 g Grudekoks — vorher bei 100° getrocknet — werden auf einem Platinteller von 40 mm Weite und 3 mm Tiefe im Glühen erhalten und die Zeit bis zum Veraschen in Minuten notirt (a). Mit dieser Zahl wird der in üblicher Weise ermittelte Aschengehalt (b) multiplizirt. Er untersuchte acht verschiedene Grudekokssorten und fand:

| | a. | b. | a · b. |
|------|---------|----------------|---------------|
| I | 19 Min. | 17 Proc. Asche | 19 · 17 = 323 |
| II | 21 | 21 | 441 |
| III | 23 | 22 | 506 |
| IV | 19 | 34 | 646 |
| V | 21 | 21 | 441 |
| VI | 21 | 21 | 441 |
| VII | 18 | 44 | 792 |
| VIII | 22 | 29 | 638 |

In der Annahme, die beste Qualität (I) erzielt einen Preis von 150 M. für den Doppelwaggon, die geringere Sorte (IV) nur

45 M. und die Differenz ihrer Producte a. b werde auf die Einheit reducirt, so berechnet er den Werth z. B. des Koks No. IV:

$$(646 - 323) \times (150 - 45) = 0,325,$$

$$(441 - 323) \times 0,325 = 38,$$

150 - 38 = 112 Mk. für den Doppelwaggon Koks IV.

Dass der mit Gasfeuerung erzielte Grudekoks geringwerthiger sei, als der mit Kohlenfeuerung erhaltene, ist eine namentlich in Consumentenkreisen verbreitete Meinung, die im Verein vielfach bestritten wird. Auch Schliephacke berichtet über seine Erfahrungen bei der Einrichtung der Gasfeuerung an 56 Öfen der Waldauer Braunkohlenactiengesellschaft. Er sucht den Vortheil namentlich in der Ersparniss an Feuerkohlen und beabsichtigt, die Leistungsfähigkeit der Öfen hinsichtlich schnelleren Durchbringens der Schwellkohle nicht zu erhöhen. Er theilt Schwellgasanalysen mit, die stark von einander abweichen, was Schliephacke durch den Gehalt der Schwellgase an atmosphärischer Luft erklärt, deren bei älteren Anlagen mit undichtem Mauerwerk mehr in das Gas gelange, als bei neu erbauten. — Schliephacke fand in:

| | Gas I Proc. | Gas II Proc. | Gas III Proc. |
|---------------------------|----------------|-----------------|------------------|
| Methan | 25,9 | 48,6 | 56 |
| Stickstoff | 33 | 14 | 6,47 |
| Summe der brennbaren Gase | 47,5 | 68,5 | 75,91 |

Gas III entstammt einer neu erbauten Anlage. Auf den zweifelhaften Nutzen der Einführung der Schwellgasfeuerung bei alten vorhandenen Ofenanlagen wird von verschiedenen Seiten hingewiesen. Krug verspricht sich Vortheile von einer Erhöhung der Schwellöfen um etwa 2 m, die er an einer Ofenanlage vorgenommen hat, über deren Betriebsergebnisse er Bericht in Aussicht stellt. Ein Vortrocknen der Kohle soll damit nicht beabsichtigt werden, denn man ist allgemein der Ansicht, dass der Wassergehalt der Schwellkohle nicht unter 33 Proc. sinken dürfe, wenn günstige Betriebsergebnisse erzielt werden sollen. Staubige, zu Cylinderexplosionen Anlass gebende Kohlen anzunässen, wird empfohlen.

Krey möchte den Ausspruch Vollert's⁴⁾, die Verwendung der Schwellgase zur Beheizung der Schwellöfen werde auf Jahre hin aus die Aufmerksamkeit der Techniker in Anspruch nehmen, verallgemeineren und für das Schwellgas überhaupt und seine wirtschaftliche Ausnutzung das Interesse gepflegt sehen. Nach seiner Meinung ist die Verwendung als Heizgas bei der Schwellerei annähernd auf ihrem Höhepunkt angelangt. Sie hat

⁴⁾ Vollert. Der Braunkohlenbergbau im Oberbergamtshaus und in den angrenzenden Staaten, Halle a. S. 1889.

grosse Vortheile, aber auch Nachtheile im Gefolge. Bedenkt man die grossen Gasmengen, die täglich in unseren Schwellereien producirt werden — es sind 4 bis 500000 cbm — so liegt es nahe, nach anderer Verwendung nachzusinnen als zum Heizen. Krey hat früher schon darauf aufmerksam gemacht⁵⁾, dass der im Schwellgas in Form von Schwefelwasserstoff entweichende Schwefel eine grössere Menge ausmacht als der Schwefel, den die Industrie in Form von Schwefelsäure — zwecks Reinigung ihrer Erzeugnisse — ankauft. Seine Versuche, den Schwefel zu gewinnen, haben indessen befriedigende Resultate noch nicht gegeben. Das Clauss-Verfahren ist nicht anwendbar, da der Überschuss an Sauerstoff im Schwellgas zu gross ist und ein grosser Theil des Schwefels als Schwefligsäure verloren geht. Versuche mit Schwefligsäure, die billig aus der Abfallschwefelsäure sich herstellen liesse, auf den Schwefelwasserstoff der Schwellgase einzuwirken, haben gleichfalls bis jetzt zu befriedigenden Ergebnissen nicht geführt. Am meisten scheint noch bei einer voraufgehenden Concentration des Schwefels in Form von Schwefelalkalien herauszukommen. Dies geschieht beispielsweise, wenn man den Kohlensäuregehalt des Schwellgases zum Ausfällen des Kreosots aus der wässerigen Kreosotnatronlösung, dem Abfallproduct der Ölreinigung, benutzt. Bei entsprechender Verdünnung scheidet sich das Kreosot leicht und vollständig ab, in der sich bildenden Lauge von kohlensaurem Natron bleibt auch Schwefelnatrium gelöst. 1 Doppelhaus von 20 Öfen liefert in 24 Stunden 2000 k Kohlensäure! Krey wird seine Versuche fortsetzen und regt an, neben der Verwendung als Heizgas auch der chemischen Ausnutzung des Schwellgases Beachtung zu schenken. Fast von noch grösserer Bedeutung scheint Krey die Benutzung des Schwellgases als Motoren gas zu sein. Das Gas hat durchschnittlich mindestens 2000 W.-E. und er schätzt die Leistung eines Schwellofens auf eine stündliche Gaslieferung, die mindestens durch 6 Pferdekraft für die Stunde dargestellt wird. Ein Doppelhaus von 20 Cylindern kann also beispielsweise bequem die zur Erzeugung der Elektricität für 1000 Glühlampen erforderliche Kraft liefern. Aber auch zum Betriebe der eigenen Pumpen in der Schwellerei, oder zu dem entlegener Wasserhaltungs- oder Kettenbahnenmaschinen in den Schächten, wie sie in unserem Braunkohlenbergbau vielfach vorkommen, empfiehlt Krey das Schwellgas

⁵⁾ Jahresber. des Techn.-Ver. der sächs.-thür. Mineralölindustrie 1890 und 1891.

als Motoren gas. Im Auerbrenner (mit wenig vergrösserter Gaszuströmung) verbrannt, ist das Schwellgas ein tadelloses Leuchtgas nach Versuchen, über die Krey gleichfalls berichtet.

Rosenthal erstattet Bericht über von ihm angestellte Versuche und Untersuchungen, die durch Veränderung der Qualität von ihm verwendeten Theersorten veranlasst wurden. Es traten Brandharze in grösserer Menge auf, der Paraffingehalt sank und musste Rosenthal dies mit der in Folge eingerichteter Gasfeuerung erhöhten Schwelltemperatur in Zusammenhang bringen. Er ist der Meinung, dass neben dem eigentlichen Schwellprocess — der Umwandlung des Bitumens der Kohle in Theer — secundär Destillations- und Vergasungsprocesse nebenher laufen. Es müssen sich also im Theer schon alle Producte vorfinden, die sich durch Destillation und Vergasung aus diesem gewinnen lassen, vorausgesetzt, dass die zur Bildung nötige Temperatur im Schwellcylinder an irgend einer Stelle erreicht wurde. Dass sich bei der Vergasung unserer Braunkohlentheeröle aromatische Kohlenwasserstoffe in reichlicher Menge bilden, ist eine bekannte Thatsache. Es muss also auch der Theer aromatische Kohlenwasserstoffe enthalten, wenn auch in minimaler Menge, falls die Temperatur im Schwellcylinder an irgend einer Stelle die zur Bildung dieser Körper erforderliche Höhe erreicht. Je heißer also die Öfen gehalten werden, um so leichter liegt die Möglichkeit vor, dass ringförmige Kohlenwasserstoffe entstehen, und sollte die zur Bildung nötige Temperatur noch überschritten werden, so werden sie in um so grösserer Menge auftreten. Die Versuche haben nun dargelegt, dass die durch Gasfeuerung herbeigeführte höhere Schwelltemperatur einen höheren Gehalt an aromatischen Kohlenwasserstoffen noch nicht zur Folge gehabt hat. Rosenthal hat jedoch in allen von ihm untersuchten Theersorten aromatische Kohlenwasserstoffe, wenn auch in geringen Mengen gefunden. Benzol hat Rosenthal wie folgt isolirt. Der Vorlauf bei der Destillation von 15000 k Theer in Höhe von etwa 1 hl wurde gesammelt und für sich zwei Mal rectificirt, so dass 18 l fröhlestesiedendes Destillat erhalten wurden. Nochmals mit Lebel'schem Aufsatz destillirt, wurden 3 l unter 120° Siedendes erzielt. Bei guter Kühlung mit dem gleichen Gewicht Schwefelsäure geschüttelt, nach dem Auswaschen und Neutralisiren wiederholt fractionirt, werden schliesslich erhalten etwa:

| | |
|-----------------------|-------------------------|
| 400 cc Benzolvorlauf, | von 58° bis 78° siedend |
| 400 - Benzolfraction, | - 78° - 85° - |
| 200 - Nachlauf | - 85° - 90° - |

Aus der Benzolfraction konnten durch Abkühlung auf — 12° noch keine Krystalle abgeschieden werden, das spec. Gewicht ist 0,773, während reines Benzol bei 20° 0,8799 verlangt. Durch Nitiren u. s. w. wird der Nachweis geliefert, dass von den drei Fractionen 50 Proc. Reinbenzol darstellen, von 15 t also 375 g = 0,0025 Proc. Dass ein solcher Procentgehalt practisch von Werth sein könnte, wird Niemand behaupten wollen. Die Begleiter des Benzols erkannte Rosenthal als reines Heptan und hält im Vorlauf die Anwesenheit von Pentan für wahrscheinlich; Schwefelkohlenstoff hat Rosenthal in diesem Frühsiedenden ebenfalls nachgewiesen.

Krey hat ebenfalls 50 proc. Benzol aus Schweißgas gewonnen, das er durch Ölwascher streichen liess, die Paraffinöle (von 200 bis 250° siedend) enthielten. Durch Abdestilliren des Frühsiedenden aus diesen Ölen ist das Benzol unschwer zu isoliren. Wenn nun auch dem Schweißgas seiner grossen Menge halber beträchtliche Mengen Benzol entzogen werden könnten, so ist doch wohl auf eine wirtschaftliche Ausnutzung nicht zu rechnen. Es ist ein grosser Unterschied, ob in einem 50proc. Benzol die übrigen 50 Proc. ausschliesslich aus Fettkohlenwasserstoffen oder aus aromatischen Kohlenwasserstoffen bestehen. Von einer Verwendung, wie sie sonst das Benzol findet, kann hiermit seiner Meinung nach nicht gut die Rede sein. Wenn die Benzolpreise weiter weichen sollten, wäre es nicht unmöglich, dass Bunte's Vorschlag, Benzol zur Carburation des Leuchtgases zu benutzen, da und dort zur Ausführung gelangt, und für diesen Zweck wird zweifellos auch das aus Schweißgas zu gewinnende 50proc. Benzol genügen. Indessen scheint durch das Auer-Licht das Interesse für Carburation des Leuchtgases zur Zeit erkaltet zu sein.

Der Gehalt des Braunkohlentheers an aromatischen Kohlenwasserstoffen ist im Laufe des Jahres Gegenstand einer eingehenden Untersuchung im Universitätslaboratorium in Göttingen gewesen⁶⁾.

Da die Arbeit Fr. Heussler's für den Verein grösseres Interesse bot, ist über sie von Rosenthal ein längeres Referat erstattet worden. Heussler hat die Anwesenheit von Benzol, Toluol, Xylol, Mesitylen, die Abwesenheit von Naphtenen, Terpenen und Cumaron festgestellt. Mesitylen ist bereits früher von Engler nachgewiesen, über die Abwesenheit von Cumaron hat früher schon Scheithauer berichtet. Von grossem In-

teresse ist jedoch die von Heussler zuerst festgestellte Anwesenheit von Naphtalin in Braunkohlentheerdestillaten. Heussler bediente sich mit Erfolg der Fritz'sche'schen Methode zum Nachweis hochmolekularer Kohlenwasserstoffe mittels Pikrinsäure. Rosenthal stellte fest, dass nach der Verarbeitung des Theers fast das gesammte Naphtalin sich im Solaröl findet, das davon 1,5 bis 2 Proc. enthält, so dass sich für den Theer ein Gehalt von 0,1 bis 0,2 Proc. berechnet, Paraffin ist frei von Naphtalin. Höland hat das Solaröl liefernde Halbfabrikat von Naphtalin befreit, in dem daraus hergestellten Solaröl die Abwesenheit von Naphtalin festgestellt und verglichen im Brennen mit gewöhnlichem (naphtalinhaltigem) Solaröl angestellt, ohne jedoch einen Unterschied dabei constatiren zu können.

Grotowsky trug über „Instructionen“ vor und wies auf den Nutzen und die Wichtigkeit klarer Dienstvorschriften für das Unterbeamten- und Arbeiterpersonal der Fabriken hin. Er erläuterte dies an der Hand der von ihm erlassenen Dienstvorschriften für den Schweißereibetrieb und regte zu einer lebhaften Besprechung des Gegenstandes dadurch an. Die Verhandlung wird fortgesetzt und sollen auch die anderen Betriebszweige in den Kreis der Besprechung gezogen werden.

In der Versuchsstation für Ölgas des Verkaufssyndicates für Paraffinöle in Halle a. S., die sich in der Fabrik Webau befindet, sind Untersuchungen über das Auerlicht bei der Verwendung von Ölgas ange stellt worden, über die Scheithauer berichtet. Hiernach verbraucht ein Auerbrenner stündlich 50 bis 55 l Gas und liefert 33 bis 36 Hefnerlichte — bei 4 bis 5 cm Druck. — Die Gasersparniss betrug beim neuen Glühkörper 48 Proc., nach 68 Stunden 44,6 Proc., nach 188 Stunden 45,8 Proc., nach 290 Stunden 47,1 Proc., nach 404 Stunden 36,6 Proc., nach 705 Stunden 43,1 Proc.; das Gewebe ist noch unversehrt. Das Wiederansteigen der Leuchtkraft des Glühkörpers ist auch von anderen Beobachtern bemerkt worden.

Zur Abkühlung der Paraffinmassen zwecks Krystallisation bedienen sich die meisten Fabriken des Vereinsgebietes der Winterkälte, indessen sind auch, namentlich in den grösseren Fabriken, Kältemaschinen in Gebrauch. Man erzeugt entweder — im Sommer — Eis, um die Temperatur der Kühlwässer für die Hartparaffinmasse herabzudrücken, oder man stellt tiefgekühlte Salzlösungen dar, die man direct zur Kühlung von Weichparaffinmassen benutzt. Man erzielt so einen von der Jahreszeit unabhängigen

⁶⁾ Berl. Ber. 1892, H. 10; d. Z. 1892, 436.

Betrieb bei gleichmässiger Gewinnung mittelweicher Paraffine und Gasöle. Der Aufwand für die künstliche Kühlung findet Ausgleich in der geringeren Ausdehnung der Anlagen für die sogen. Winterkristallisation und dem Wegfall der durch Anhäufung auf die Winternomate bedingten grösseren Paraffin-Pressanlagen. Um über die wichtigsten Methoden der Erzeugung künstlicher Kälte zu orientieren, trug Riehm über

„Kältemaschinen“

vor. Nach seinen Angaben wird vornehmlich die bei der Verdampfung von Flüssigkeiten entstehende Kälte benutzt. Es gibt zwei Wege, entweder das Verdampfen einer Flüssigkeit im Vacuum — bei den Vacuummaschinen — oder das Comprimiren eines bei gewöhnlicher Temperatur luftförmigen Körpers bis zur Verflüssigung und Verdampfen dieser Flüssigkeit unter geringem Druck — Verdampfungs maschinen.

Bei den Vacuummaschinen bedient man sich verschiedenartiger Mittel: Wasser (Verd.-Wärme = 536), Äther (Verd.-Wärme = 90), Schwefelkohlenstoff (Verd.-Wärme = 91) u. s. w. Bewährt hat sich einigermaassen die mit Wasser arbeitende Maschine. Sie beruht darauf, dass in einem luftdicht verschlossenen Raum mittels Einspritzen eines feinen Wasserregens ein Vacuum erzeugt wird. Das Wasser wird zur lebhaften Verdunstung gebracht und gefriert während des Herabfallens. Die abgesogenen Wasserdämpfe werden über concentrirte Schwefelsäure geleitet, die die Hauptmenge aufnimmt. Die dadurch verdünnte Schwefelsäure soll eingedampft und nach der Concentration wieder benutzt werden. An Stelle des Wassers dient auch eine Chlormagnesiumlösung, die nicht fest wird und als tiefgekühlte Soole Verwendung findet. Diese Maschine ist wenig zur Anwendung gelangt.

Die Kaltluft- oder richtiger Luftexpansionsmaschinen, die vor einigen Jahren besonders in England viel gebaut wurden, erzeugen Kälte durch Ausdehnung zuvor comprimirter Luft. Der Hauptsache nach bestehen sie aus einer Luftpumpe, die die Compression der Luft, und einer Kühlslange, die die Kühlung dieser comprimirten Luft besorgt. Die abgekühlte comprimirte Luft tritt dann entweder — unter Ausdehnung — direct in die zu kühlenden Räume oder kühlt diese indirect mittels anderer Kühlkörper, in denen sie sich ausdehnt. Den Vorzügen der Construction (Wegfall des Kältemediums, direkte Kühlung durch Luft) steht der Nachtheil gegenüber, dass bei der Ausdehnung der Luft die angesammelte Kraftmenge nur zum Theil in Kälte übergeführt wird.

Die Verdampfungs maschinen werden entweder als Absorptionsmaschinen oder als Compressionsmaschinen gebaut. Die

letzteren schliessen sich der Luftexpansionsmaschine an. Eine Pumpe saugt das gasförmige Medium an, drückt es in eine Kühlslange, in der durch Druck und Abkühlung die Verflüssigung stattfindet. Die Flüssigkeit verdampft dann in einer zweiten Kühlslange und erzeugt hierbei Kälte. Diese entsteht aber nur durch Verdampfen der comprimirten Flüssigkeit, eine Expansion der Dämpfe und damit verbundener Kraftverlust tritt nur in geringem Maasse auf. Die Dämpfe werden vielmehr mit der Spannung, die der Temperatur im Kältebildner entspricht, angesaugt und so stark gepresst, dass eine Verflüssigung bei der Kühltemperatur eintritt. Da die Dämpfe dabei von der niederen Temperatur im Kältebildner zu der höheren im Condensator gebracht werden, so würden sie ganz von selbst die nötige höhere Spannung erlangen, wenn sie bei diesem Transport gesättigt blieben. Es ist dies nicht vollkommen möglich, und deshalb wird hier ein geringer, für die Kälteerzeugung verloren gehender Kräfteaufwand nötig. Der Hauptsache nach dient indessen die Kraft zur Verflüssigung der Gasart und nicht zur Erzeugung höherer Spannung, von den Luftexpansionsmaschinen also wesentlich verschieden.

So lange eine Verdichtung zur Flüssigkeit nicht eintritt, ist es nach der mechanischen Wärmetheorie gleichgültig, welches Kältemedium angewandt wird. Die Grösse der zur Compression erforderlichen Kraftmenge⁷⁾ ist nur abhängig von dem ausgeübten Anfangs- und Enddruck, von der Temperatur und von der Anzahl der comprimirten Moleküle, deren Art gleichgültig, da sie als Gase gleiche Räume ausfüllen. Es ist also die gleiche Kraft erforderlich und wird bei der Expansion die gleiche Kälte erzeugt, ob 1 cbm Luft oder Ammoniakgas oder Kohlensäure bei 20° auf 7 Atm. comprimirt werden.

Zum Beweise kann man die specifischen Wärmen bei gleichem Druck und gleichem Volumen bestimmen. Ihre Differenzen zeigen die Wärmemengen an, die nötig sind, um die Gase auf die Spannung $\frac{v}{v_1} = \frac{1 + 0,003665}{1}$, die durch die Erwärmung um 1° erzeugt wird, zu bringen. Da diese Spannung für alle Gase gleich

⁷⁾ Zeuner's mech. Wärmelehre:

$$\text{Formel 58a: } L = BT, \log \frac{v}{v_1}$$

$$B = \frac{424}{\epsilon} = BT, \log \frac{n}{n_1} \frac{p}{p_1}$$

T = absol. Temp.,

v, v₁ = Anfangs- und Endvolumen,

p, p₁ = Anfangs- und Endspannung,

ε = Molekulargewicht.

ist, so müssen auch die für diese Spannung erforderlichen Wärmemengen, also die Differenzen der specifischen Wärmen gleich sein.

Dies ist in der That der Fall

$$\begin{array}{lll} \text{bei } \text{H}_2 (3,4090 - 2,4133) \epsilon = 0,9967 \cdot 2 & = 1,9834 \\ \text{NH}_3 (0,5084 - 0,3913) \epsilon = 0,1171 \cdot 17 & = 1,9907 \\ \text{Luft} (0,2377 - 0,1687) \epsilon = 0,690 \cdot 28,86 & = 1,9913 \\ \text{CO}_2 (0,2169 - 0,1718) \epsilon = 0,0451 \cdot 44 & = 1,9844 \\ \text{SO}_2 (0,1544 - 0,1232) \epsilon = 0,0312 \cdot 64 & = 1,9968 \\ \text{C}_2\text{H}_6 (0,3754 - 0,3498) \epsilon = 0,0256 \cdot 78 & = 1,9968 \\ \text{u. s. w.} \end{array}$$

Es sind also für die gleichen Spannungen auch bei ungleichen Gasarten die nötigen Kraftaufwände die gleichen. Anders, wenn eine Verflüssigung der Gasart eintritt (Verdampfungsmaschinen). Die dabei erhaltene Wärmemenge ist ungleich grösser als die bei Compression entstehende und ist für verschiedene Gase verschieden. Zu bevorzugen ist das Kältemedium, das bei Verflüssigung von 1 cbm die meiste Wärme abgibt, es konzentriert auf gleichem Raume die meiste Wärme, d. h. die Temperatur steigt relativ am höchsten. Je höher die Wärme, desto leichter die Kühlung und desto bessere Ausnutzung der Kühlwässer! Den höheren Temperaturgraden bei der Compression entsprechen auch tiefere Kältegrade bei der Verdampfung, was in vielen Fällen erwünscht ist. Die folgende Tabelle stellt die diesbezüglichen Zahlen für die drei gebräuchlichsten Kältemedien zusammen.

der Oberflächen würde sein 1 : 2,5 : 3,7, für Luft = 5,2, für Luftexpansionsmaschinen sind demnach die Reibungsverluste am grössten⁸⁾. Aus diesen Zahlen geht auch hervor, wie die Spannung in der Maschine gesteigert werden muss, sobald die Kühltemperatur zunimmt. Wollte man beispielsweise eine Ammoniakmaschine bei 20° Kühltemperatur nur mit einer Spannung von 8 Atm. arbeiten lassen, so würde sie mangels einer Condensation nur die Arbeit einer Luftexpansionsmaschine leisten. Erst bei 8,5 Atm. wird eine Condensation und damit grössere Wärmeentwicklung eintreten, erst bei 10 Atm. wird die Condensation für praktischen Betrieb hinreichend sein. Die Spannung im Condensator hat der Kühlwasser-temperatur stets zu entsprechen. Andererseits kann man die Kühltemperatur nicht beliebig hoch wählen, da die Annäherung an die kritische Temperatur vermieden werden muss. Da bei Kohlensäure der kritische Punkt am niedrigsten — bei 31° — liegt, so muss also bei diesem Medium das kälteste Kühlwasser benutzt werden, während bei schwefriger Säure das Kühlwasser wesentlich wärmer sein darf. Bei der Schwefigsäuremaschine darf hingegen die Temperatur im Verdampfer nicht zu tief genommen werden, da man dann nur geringe Spannung auf der Saugseite der Pumpe haben, also die ange-

| | Dichtigkeit der Dämpfe beim Siedepunkt in Bezug auf Luft | Spannung der Dämpfe in Atmosphären bei | | | Kraft, welche zur Compression der Dämpfe auf die in Spalte 2 angegebenen Spannungen nöthig ist in Calorien | Verdampfungs- wärmen für die Temperaturen der Spalte 2 | Dichtigkeit der Dämpfe bei den Spannungen der Spalte 2, mit Berücksichtigung der Temperatur Kilogr. pro Cubikm. | Erzeugte Wärme- einheiten pro cbm Dampf, wenn die Pumpe aussaugt bei den Spannungen der Spalte 2 | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|--|------|-------|---|--|--|--|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|------|
| | | - 20° | + 0° | + 20° | | | | | - 20° | + 0° | + 20° | | | | | |
| Kohlensäure | 1,525 | 19,9 | 35,4 | 58,8 | 17,2 | 22,1 | 27,1 | 73,9 | 78,8 | 83,8 | 42,18 | 69,84 | 107,60 | 3117 | 5503 | 8917 |
| Ammoniak . . | 0,589 | 1,84 | 4,19 | 8,40 | 9,1 | 23,0 | 36,7 | 287,4 | 301,3 | 315,0 | 1,50 | 3,19 | 5,93 | 431 | 961 | 1867 |
| Schweflige Säure | 2,247 | 0,63 | 1,51 | 3,30 | - 1,8 | 1,8 | 5,4 | 87,2 | 90,9 | 94,5 | 1,97 | 4,39 | 8,89 | 171 | 399 | 840 |

Die Zahlen in Spalte 6 sind durch Multiplikation der Zahlen in Spalte 4 und 5 erhalten. Kohlensäure zeigt die günstigsten Zahlen in Folge ihrer höheren Dichtigkeit bez. ihrer hohen Spannung. Bei Compression von Luft auf 8,4 Atm. und Expansion auf 1 Atm. und Ansaugen bei 0° würden nur 200 „Kältecalorien“ entstehen. Ammoniak liefert unter gleichen Verhältnissen annähernd die fünffache Kältemenge. Die Grössen der Pumpencylinder stehen bei gleicher Leistung der Maschine im umgekehrten Verhältnisse der angeführten Wärmemengen. Ist der Querschnitt des für Kohlensäure erforderlichen Pumpencylinders = 1, so ist er — wenn die Dämpfe bei 0° angesaugt werden — für Ammoniak = 5,73, für schweflige Säure = 13,8. Das Verhältniss der Cylin-

sugte Menge und damit die Leistungsfähigkeit der Maschine verringern würde. Die Ammoniakmaschine ist die für mittlere Kühlwassertemperatur und erzeugte Kältegrade geeignete, als älteste Construction am sorgfältigsten durchgearbeitet und wohl deshalb die verbreitetste; gegen sie wird nur geltend gemacht, dass gelegentlich heftige Explosionen beobachtet sind. Ob diese durch An-

⁸⁾ Sie haben, im Vergleich zum Ammoniak, bei gleichem, auf den Dichtflächen lastendem Druck eine mehr als doppelt so grosse Cylinderoberfläche. Ob daraus ohne Weiteres zu folgern ist — Behrend in seiner Schrift über Kälteerzeugungsmaschinen —, dass für die Ammoniak- (und damit erst recht für die Kohlensäure-) Maschine die Reibungsverluste in Folge geringerer Cylinderoberfläche geringer sein müssten als bei der Schwefigsäure-Maschine, bleibt dahingestellt.

wendung reinen Ammoniaks zu vermeiden sind, bleibt offene Frage.

Riehm fasst sein Urtheil über die einzelnen Arten Compressionsmaschinen dahin zusammen: Kohlensäuremaschinen nutzen das Kühlwasser sehr gut aus, brauchen also wenig davon, das aber mit Rücksicht auf den kritischen Punkt kalt (16°) sein muss. Die Maschinen sind in Stopfbüchsendichtung und Cylinderkühlung meist complicirt construirt und können besonders tiefe Kältegrade erzeugen. Ebenso die Ammoniakmaschinen, die aber mehr Kühlwasser mittlerer (25°) Temperatur benötigen. Schwefigsäuremaschinen brauchen viel Kühlwasser, das bis 30° warm sein kann, indessen sind sie besonders zur Erzeugung geringer Kältegrade geeignet. Die verschiedenen Preise der drei Kältemedien spielen keine Rolle bei der Beurtheilung der Maschinen. Ein Gemisch zweier derselben — der Kohlensäure und der Schwefigsäure — wird ebenfalls angewandt. Dieses nach dem Erfinder als Pictet'sche Flüssigkeit bezeichnete Gemisch kommt in wechselnder Zusammensetzung in den Gebrauch. Es soll beim Mischen eine Art chemischer Verbindung geschaffen werden, die dann für die Verflüssigung eine geringere Spannung erfordert, als das arithmetische Mittel erwarten lässt und eine Temperatursteigerung — durch die Verbindungswärme — bei der Compression zur Folge hat. Bei einer Mischung von 97 Schwefigsäure mit 3 Kohlensäure zeigt sich bei -10° eine Spannung von 1,34, bei $+20^{\circ}$ 3,4 Atm., während sich 1,8, bez. 5 Atm. berechnen. — Da bei den Compressionsmaschinen die Übersetzung der Kraft in Wärme (Kälte) mittels einer Betriebsmaschine geschieht, so ist meist ein höherer Effect als von $33\frac{1}{3}$ Proc. nicht zu erzielen, sie sind theuer in der Beschaffung, müssen namentlich gut fundamentirt sein und bedürfen sorgfältigster Wartung; Reparaturen sind meist eingreifender Art. Sie indiciren bei knappem, theuerem Kühlwasser (in Städten). Billiger in der Anschaffung sind die Carré'schen Ammoniakabsorptionsmaschinen, deren Betrieb sich besonders vortheilhaft dort gestaltet, wo Kühlwasser reichlich zu Gebote steht.

Ihre Bauart beruht auf der Thatsache, dass Wasser etwa 37 Gewichtsprocente Ammoniakgas aufzulösen vermag, das es beim Erwärmten wieder abgibt. In einem geschlossenen Kessel wird Salmiakgeist auf 100 bis 160° erhitzt, die dadurch ausgetriebenen Dämpfe treten mit einer Spannung von 9 bis 14 Atm. in eine Kühlslange, wo durch Druck und Abkühlung Verflüs-

sigung erfolgt. Das verflüssigte Gas tritt nun als Flüssigkeit in dünnem Strahl in die Verdampfschlange, sodass die Spannung der Dämpfe nur etwa 5 Atm. beträgt. Das Ammoniak erzeugt durch seine Verdunstung Kälte und geht dann gasförmig in das Absorptionsgefäß und trifft dort mit dem gekühlten entgasten Inhalt des Kessels zusammen, der zuerst den Salmiakgeist aufnahm. Von hier wird die sich regenerirende Lösung in den Kessel zurück gepumpt und der Kreislauf beginnt von Neuem.

Der Vorgang zeigt Analogien mit dem bei den Compressionsmaschinen, verschieden ist das Ansaugen des Ammoniaks aus dem Verdampfer bei niedriger Spannung und der Transport des Kältemediums durch die Pumpe in flüssigem Zustande mit darauf folgender Wiederverdampfung im Ammoniakkessel. Es ist also in einem Kreislauf des Ammoniaks eine doppelte Verdampfung erforderlich. Es muss die doppelte Wärme zugeführt werden, um ein Mal Kälte zu erzeugen. Der Nutzeffect der Maschine ist aus diesem Grunde von vornherein auf 50 Proc. beschränkt. Ein weiterer Nachtheil ist der, dass der gesammte Kesselinhalt auf die erforderliche Temperatur von etwa 130° gebracht werden muss. Man begegnet diesem Übelstande neuerer Zeit dadurch, dass die in den Kessel zurückgehende Lösung zur Kühlung der entgasten Flüssigkeit — des „armen“ Salmiakgeistes — und des Ammoniakgases, das vom Kessel kommt, dient (im sog. Temperaturwechselcylinder). Ein Hauptübelstand ist der, dass beim Entwickeln des Ammoniakgases fast die gleiche Gewichtsmenge Wasser mitgeht. Dieser Wasserdampf beansprucht für sich allein für 1 k 536 W.E. Das daraus entstehende Wasser entzieht etwa $\frac{1}{3}$ seines Gewichts an Ammoniakgas der Kälteerzeugung. Da Ammoniak zur Verdampfung 315 W.-E. bedarf, beträgt also, bei einem Aufwand von 851 W.-E., die im Kältebildner verdunstete Menge Ammoniak nur $\frac{2}{3}$ k, erzeugt also nur 210 Kälteeinheiten. Die Leistung der Maschine wird dadurch also um 75 Proc. herabgedrückt. Man hat dem Übelstande durch Colonnenapparate abzuheften gesucht, ohne jedoch über mässige Erfolge herauszukommen.

Riehm wendet statt einer wässerigen Ammoniaklösung eine Lösung von Ammoniak in Chlorcalciumlauge an⁹⁾. Hierdurch wird schon die Bildung des Wasserdampfes auf ein Minimum beschränkt, es verlässt den

⁹⁾ D. R. P. 59106, im Betriebe der drei Mineralöl- und Paraffinfabriken (4 Eismaschinen) der A. Riebeck'schen Montan-Werke, seit Jahresfrist mit bestem Erfolge in Gebrauch. Krey.

Kessel ein fast wasserfreies Ammoniakgas, das in der Verdampfschlange viel lebhafter als wasserhaltiges verdampft und dadurch tiefere Kältegrade erzeugt. Die Lösung¹⁰⁾ enthält im Liter ca. 350 g, während 30 Proc. Salmiakgeist nur 272 g NH₃ enthält. Dadurch werden Ammoniakkessel und -pumpe leistungsfähiger. — Die für den Betrieb der Absorptionsmaschinen erforderliche Kühlwassermenge ist unter allen Umständen viel grösser als die für Compressionsmaschinen, sie sind nur da am Platze, wo der Preis des Kühlwassers keine Rolle spielt. Riehm hält eine Kältemaschine von einer stündlichen Leistung von 250 k Eis für eine etwa 6000 t Theer jährlich verarbeitende Fabrik für hinreichend und schätzt die Aufarbeitungskosten bez. Kühlkosten p. 100 kg Paraffinmasse im Sommer von + 19° auf 0°, im Winter von + 14° auf — 3° bis — 7°, auf 25 Pfennige.

Der Techniker-Verein der sächs.-thür. Mineralöllindustrie beabsichtigt, im Jahre 1893 drei Sitzungen und zwar am 15. März, am 31. Mai und am 18. Oct., nach Bedarf eine vierte im December abzuhalten. Sie finden stets Nachm. 4 Uhr im Hôtel zum Schützen in Weissenfels a. S. statt. Gäste willkommen.

Brennstoffe, Feuerungen.

Verunreinigung der Zimmerluft durch Salpetrigsäure bei Gasbeleuchtung. Nach A. v. Bibra (Arch. Hyg. 15 S. 216) bilden sich bei der Verbrennung von 1 cbm Leuchtgas 68 bis 245 mg Salpetrigsäure. Er hält diese Salpetrigsäure für den besonders schädlichen Bestandtheil der Verbrennungsproducte des Leuchtgases und für denkbar, dass die Reizung der Lungenschleimhaut durch diese Säure ein Glied in der Kette der prädisponirenden Momente für die Ansiedlung von Mikroorganismen bilde. Es scheint ihm ferner möglich, dass mit der durch die Salpetrigsäure veranlassten Methämoglobinbildung eine Minderung der Widerstandskraft des Blutes gegen dieselben Elemente Hand in Hand gehe.

Bei Herstellung von an der Luft erhärtenden Presskohlen nach Pat. 63 400 (Z. 1892, 419) wird von W. Loé (D.R.P. No. 66 939) eine geringere Erhöhung des Aschegehaltes dadurch erzielt, dass die mit

¹⁰⁾ Zu beziehen von der Deutschen Continental-Gasgesellschaft in Dessau.

dem Bindemittel verkockte entgaste Masse vor dem Brikettiren in einer entsprechenden Vorrichtung mit einem Brei von unverkokten Brennstoffen (z. B. Braunkohle, Lignit) und Wasser gemischt und das Ganze gut verrührt wird. Nach dem Abbinden wird dann die Masse in Brikettimaschinen beliebiger Construction gepresst.

Verkohlung oder trockne Destillation von Brennstoffen, bituminösen Schiefern u. dgl. Nach R. Jürgensen (D.R.P. No. 66 514) sollen die Stoffe in dem Verkohlungsraum erst bei 60 bis 70° getrocknet, dann vorgewärmt, dann geschwelt und schliesslich gegart werden.

Wenn der Trockenprocess z. B. im Kammerpaar K₁ (Fig. 53 und 54) erfolgt, so vollzieht sich gleichzeitig im Kammerpaar K₂ die Vorwärmung, indem die aus dem Kammerpaar K₃ abziehenden Gase durch den Inhalt von K₂ ziehen und dann in den Schornstein entweichen. Bei dem Kammerpaar K₃ erfolgt gleichzeitig der Schwelprocess in der Weise, dass die vom Kammerpaar K₄ kommenden Feuergase zunächst um die Kammern geleitet werden und dann durch den Inhalt von K₃ zu K₂ ziehen. Bei dem Kammerpaar K₄ wird gleichzeitig der Garungsprocess in der Masse durch unter den Kammern brennende Generatorgase vollzogen; die verbrannten Gase bewegen sich aufsteigend um die Kammerwände zum Kammerpaar K₃. Nach Beendigung des Garungsprocesses in K₄ werden die verkohlten Producte in die unter den Kammern stehenden Wagen abgelassen, die Kammern K₄ sodann mit Rohstoff neu beschickt und von Neuem der Trockenprocess eingeleitet, während die andern Processe sich um je ein Kammerpaar verschieben.

Angenommen, das Kammerpaar K₃ sei frisch beschickt; dann steht unter den vier Abzugsrohren O desselben je ein Wagen W, der die eben vorher aus diesen Kammern entleerten heissen Verkohlungsproducte aufgenommen hat. Die Wände des Wagens schliessen den Inhalt desselben vor jeder Luftberührung ab; es durchziehen aber den Wagen oben und unten offene Rohre, in denen Luft zwecks Abkühlung des Wageninhaltes kreisen kann. Die Kammern K₃ sind gegen den Rauchkanal I durch Schieber c abgesperrt, die Schieber b₁ und b₂ sind geschlossen, dagegen Schieber a zum Schmauchkanal L geöffnet. Wenn nun am Ende des Kanal L ein Strahlgebläse U zu saugen beginnt, so strömt durch die mit dem Wagen W verbundenen Rohre O Luft durch die Roste P in die Beschickungsmasse und aus dieser