

ferner, will man nicht zu viel Räder ausführen, das Verhältnis der Austrittsgeschwindigkeit des Dampfes aus den Beaufschlagungssegmenten zur Radumfangsgeschwindigkeit zu weit von den theoretisch günstigsten Werten entfernt bleibt. Jedenfalls vermag die Kolbenmaschine aus einer gegebenen Dampfmenge etwa ein Drittel bis ein Halb mehr an Leistung herauszuholen, als die Dampfturbine, wohlverstanden bei Gegendruckbetrieb.

So viel über die generellen Gesichtspunkte, welche der Kraftwirtschaft der Kaliindustrie zugrunde liegen sollten.

Untersuchen wir nun, in welchem Maße sich der praktische Betrieb der Werke diesen Anforderungen anpassen läßt, so finden wir, daß wohl niemals Kraft- und Wärmekonsum gerade im richtigen Verhältnis zueinander stehen, entweder wird mehr Kraft benötigt, wie aus dem Fabrikdampf herauszuholen ist, oder umgekehrt. Man wird also den Idealprozeß nicht in vollem Umfange verwirklichen können! Im ersten Falle, bei größerem Kraftbedarf, wird man genötigt sein, teilweise zum Kondensationsbetrieb zu schreiten, indem man der Gegendruckmaschine eine Niederdruckstufe mit Kondensation nachschaltet, welcher automatisch durch eine Reguliervorrichtung soviel des Abdampfes der Gegendruckstufe zugeführt wird, daß der fehlende Kraftbedarf vom Niederdruckteil gedeckt wird. Oder man wird, bei größerem Dampfbedarf der Fabrik, einen Teil des Fabrikdampfes unter Umgehung der Gegendruckmaschine direkt vom Kessel aus durch ein Reduzierventil in die Abdampfleitung geben. Das bedeutet natürlich in beiden Fällen eine Verschlechterung der Ökonomie, denn im ersten Falle wird der Hauptwärmeinhalt des dem Niederdruckteil zugeführten Dampfes im Kondensator vernichtet, und im zweiten Falle kann man den Vorteil der fast kostenlosen Gewinnung von Arbeit im Hochdruckteil für den Umföhrungsdampf nicht ausnutzen, wenngleich der zweite Fall nicht annähernd so verlustreich ist wie Fall 1, da durch das Herunterdrosseln des Umföhrungsdampfes auf den Gegendruck keine nennenswerte Wärme verlorengeht, da nur eine Umformung der Wärme stattfindet.

Aber noch andere Gründe können dazu zwingen, von dem verlangten Idealprozeß abzugehen, und z. B. an Stelle der wärmetechnisch für richtig erkannten Dampfmaschine die Dampfturbine zu wählen. Dieser Fall wird eintreten bei großen Maschinenleistungen, da wird die Kolbenmaschine durch den teureren elektrischen Teil und durch die schweren Fundamente gegenüber der Turbine zu teuer, die Grenze dürfte hier zwischen 1000 und 1500 KW liegen. Oder es kann der Fall vorliegen, daß so große Dampfmen gen zu bewältigen sind, daß das Schluckvermögen der Kolbenmaschine nicht mehr ausreicht, dann ist die Turbine durchaus am Platze. Ebenso auch, wenn die durch den Niederdruckteil zu bestreitende Leistung verhältnismäßig groß ist, dann gleicht das sehr günstige Arbeiten des Niederdruckteiles der Turbine das schlechte Arbeiten des Hochdruckteiles wieder aus, und die Gesamtausnutzung des Dampfes kann besser sein als bei der Kolbenmaschine. Alle solche Fälle sind individuell zu prüfen, wobei aber immer der oben aufgestellte Leitsatz als Basis dienen sollte.

Einfacher wie bei den Krafterzeugungsmaschinen liegen die Verhältnisse bei der Dampffördermaschine, da diese in den meisten Fällen, als mit Auspuff oder geringem Gegendruck arbeitende Maschine, den oben geforderten Idealprozeß verwirklicht; allerdings wirkt hier der periodische Dampfanfall störend. Der Fördermaschinenabdampf wird gewöhnlich zum Vorwärmen der Löselauge verwendet, da hierfür die nur wenig über 100° liegende Temperatur des mit atmosphärischem Druck die Maschine verlassenden Abdampfes ausreicht. Soll nun der Vorwärmer, welcher auf dem Prinzip des Röhren-Wärmeaustauschers beruht, in stande sein, den ganzen, wie gesagt, periodisch anfallenden Abdampf niederzuschlagen, so müßte er sehr reichlich dimensioniert werden. Ist er das nicht, so wird ein Teil des Abdampfes unkondensiert durch ihn hindurchgehen. Man muß daher sehen, um auch die Pausen zwischen den Zügen zur Wärmeabgabe an die Lauge nutzbar zu machen, den periodischen Dampfstrom in einen kontinuierlichen umzuwandeln, was geschehen kann durch Zwischenschaltung eines Wärmespeichers zwischen Fördermaschine und Vorwärmer. Derartige Wärmespeicher beruhen darauf, daß der periodisch anfallende Dampf teilweise durch eine größere Wassermenge aufgenommen wird, welche ihn später bei geringer Druckerniedrigung wieder abgibt. Nun wird auch ein kleinerer Vorwärmer in stande sein, den Dampf vollständig niederzuschlagen, denn nun stehen ja auch die Pausen zwischen den Förderzügen zu diesem Zweck zur Verfügung.

Derartige Wärmespeicher dürften überhaupt berufen sein, in der Kaliindustrie Bedeutung zu gewinnen, und zwar neben den eben erwähnten Niederdruckspeichern auch in der Form der Ruthschen Wärmespeicher für höhere Drucke. Das Arbeitsprinzip dieses Speichers besteht darin, daß er bei einem um eine bis mehrere Atmosphären unter dem Ladedruck liegenden Druck entladen wird. Dieser Umstand muß auf seine Verwendung hindernd einwirken, da diese Differenz-Atmosphären natürlich für den Kraftmaschinenprozeß verlorengehen. Geht man aber z. B. zur 60 atm. Maschine über, so spielt ein um einige Atmosphären höherer Gegendruck keine erhebliche Rolle mehr. Dann kann man in Zeiten großen Kraft- und geringen Abdampfbedarfes auf den Speicher arbeiten und im umgekehrten Fall die Maschine abstellen und den Speicher entladen. So lassen sich zeitlich um Stunden gegeneinander verschobene Kraft- und Wärmeperioden in ökonomischer Weise miteinander koppeln. Aber

auch ohne Wärmespeicher lassen sich in vielen Fällen Kraft- und Wärmebedarf besser aneinander anpassen, etwa dadurch, daß man die Hauptförderzeit außerhalb liegender Schächte mit elektrischer Fördermaschine zusammenfallen läßt mit den Zeiten des größten Dampfverbrauches der Fabrik, oder indem man die Zeit des Verdampfens auf die Nachtschicht verlegt usw.

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß isoliert liegende Schächte ohne Fabrik keinerlei Berechtigung haben für eigene Dampfwirtschaft, das ist höchst unwirtschaftlich, besonders wenn, wie es gewöhnlich der Fall ist, die Fördermaschine mit freiem Auspuff arbeitet. In einem solchen, von mir eingehend untersuchten Falle habe ich gefunden, daß nur 1½% der in den Kohlen aufgewendeten Wärme tatsächlich in nutzbringende Arbeit umgesetzt worden waren. Solche Anlagen müßten unbedingt elektrifiziert werden. Ist der Ersatz der Fördermaschine zu teuer, so kann die Elektrifizierung durch Betrieb mit Druckluft an Stelle von Dampf erfolgen, wobei die Druckluft durch einen ständig gleichmäßig fortlaufenden, elektrisch angetriebenen Kompressor geliefert wird, was gegenüber der direkten elektrischen Förderung den Vorteil der gleichmäßigen Netzbelastung hat, andererseits allerdings die Ökonomie der direkten elektrischen Förderung nicht erreicht, aber doch bei Erzeugung der elektrischen Energie im Gegendruckverfahren mit Abdampfausnutzung immer noch erheblich rationeller ist als direkter Dampfbetrieb mit Auspuff. Die Fördermaschine ist überhaupt gewöhnlich in wärmetechnischer Beziehung das Aschenbrödel der Anlage, sie wird viel zu sehr dem Ermessen des Maschinisten überlassen, welcher natürlich in erster Linie das Bestreben hat, sich seinen Dienst so leicht wie möglich zu gestalten, und zu diesem Zweck ist es ihm einfacher, den Gang der Maschine durch Drosseln des Druckes vor der Maschine zu beeinflussen, statt durch Füllungsregulierung. Ich habe an einer Fördermaschine vergleichende Dampfverbrauchsbestimmungen gemacht und gefunden, daß sich der Dampfverbrauch durch Übergang auf Füllungsregulierung um 8½% verbesserte. Die Maschinisten gewöhnen sich schnell an das Fahren mit dem Steuerhebel.

Am Schluß dieser Betrachtungen will ich noch eine Frage anschnitten, welche nicht direkt wärmetechnischer Natur ist, aber doch durch indirekte Wirkung für den Prozeß der Krafterzeugung von großer Bedeutung ist, das ist die Rolle, welche der Leistungsfaktor ($\cos \varphi$) spielt. Dieser ist auf Kaliwerken gewöhnlich sehr niedrig, da hier die Verhältnisse im allgemeinen recht ungünstig liegen. Der $\cos \varphi$ wird bekanntlich durch ungenügend hohe Belastung von Motoren und Transformatoren ungünstig beeinflusst und der Bergwerksbetrieb, welcher natürlich in erster Linie nach den Gesichtspunkten der Sicherheit eingerichtet werden muß, verlangt von den Motoren hohe Überlastungsfähigkeit, was zur Folge hat, daß dieselben im normalen Betrieb nicht voll ausgenutzt sind, also mit schlechtem $\cos \varphi$ arbeiten. Weiter sind die ausgedehnten Kabelleitungen für den $\cos \varphi$ ungünstig. Vor allem wirkt aber die Verwendung von Asynchronmotoren sehr nachteilig. Der Asynchronmotor hat leider bei uns in Deutschland eine viel zu große Verbreitung gefunden, doch ist das ein Faktor, mit dem zurzeit eben gerechnet werden muß. Aber bei Neuanschaffungen muß man, besonders bei großen Motoren, darauf sehen, daß nach Möglichkeit Synchronmotoren Verwendung finden. Der Leistungsfaktor, welcher bekanntlich hervorgerufen wird durch im Netz pulsierende Ströme, deren Zweck die Erzeugung der magnetischen Felder ist, übt insofern auf die Stromerzeugungsmaschine eine ungünstige Wirkung aus, als mit schlechter werdendem Leistungsfaktor der Generator nicht mehr die volle Leistung herzugeben vermag. Daher findet man häufig, daß Kraftmaschinen oder Kraftzentralen trotz ausreichender Nennleistung nicht genügend Strom abzugeben in stande sind. Außerdem übt der $\cos \varphi$ einen sehr ungünstigen Einfluß auf die Ausnutzbarkeit der Leitungen aus, indem dieselben durch die mit sinkendem $\cos \varphi$ anwachsenden Blindströme sehr stark belastet werden. Gegen den $\cos \varphi$ ist in letzter Zeit ein heftiger Feldzug eröffnet worden, man sucht mit den verschiedensten Mitteln den ungünstigen Einfluß der Asynchronmotoren wieder auszugleichen, aber das beste und sicherste Mittel bleibt der Ersatz von Asynchronmotoren durch Synchronmotoren, sofern die Anfahrverhältnisse nicht zu ungünstig liegen. Es würde hier zu weit führen, die zur Verbesserung des $\cos \varphi$ zur Anwendung kommenden Apparate zu beschreiben, zumal deren Entwicklung anscheinend noch nicht ganz abgeschlossen ist.

Man sieht aus allen diesen Betrachtungen, daß es zweifelsohne eine äußerst dankbare, aber auch umfangreiche und schwierige Aufgabe ist, den Kraft- und Wärmehaushalt eines Kaliwerkes auf die richtige Basis zu stellen, aber dank des glücklichen Umstandes, daß die Werke fast stets gleichzeitig Abnehmer für Kraft und Wärme sind, werden die Verbesserungsbestrebungen meistens vom besten Erfolg gekrönt, und die aufgewendeten Mittel machen sich in kurzer Zeit aus den Betriebsersparnissen bezahlt. [A. 134.]

Neue Apparate in der Kaliindustrie.

Von F. CROTOPINO, Leimbach b. Salzgungen.

Bis zum Anlange des Jahrhunderts war es allgemein üblich, in der Weise zu arbeiten, daß man abgemessene Mengen Lauge mit so viel Rohsalz oder abgeschlossene Mengen Chlorkalium usw. mit so viel Decklauge oder Wasser versetzte, daß die gewünschte Um-

setzung, Lösen, Decken usw., gerade erzielt wurde. Hierbei diente für das Lösen des Carnallits der auch heute noch verwandte Spitzkessel, in den der Dampf einfach durch eine Düse am Boden einströmt, der dann aber für Hartsalze dem Rührwerkskessel mit indirekter Beheizung weichen mußte, als die Kaliindustrie in Hannover und Thüringen aufblühte, und hier große Hartsalzvorkommen eine neue Arbeitsweise nötig machten. Das Kühlen wurde ausschließlich in Kühlkästen vorgenommen, deren verbreitetste Form die Abmessungen 90 cm Höhe, 3 m Breite und 5 m Länge hatte. Zum Decken dienten meist feststehende, gelegentlich auch kippbare Zylinder von mäßiger Größe. Zum Trocknen verwandte man Dampfdarren oder den Flammofen, der aber schon früh durch den Thelenapparat ersetzt wurde.

Diese Apparatur wurde nun, als die rein chemische Seite der Kaliindustrie abgeschlossen schien, und andererseits die stark steigende Vermehrung der Werke und des Absatzes größte Leistungen der Fabriken erforderlich machte, in zwei Richtungen weiterentwickelt. Erstens ging man in den Abmessungen der Apparate, ohne diese im Prinzip zu ändern, immer weiter, so daß Lösekessel mit einer Fassung von 100 dz Rohsalz und Deckbottiche mit einer solchen von 2000 dz Chlorkalium zu Typen wurden. Dabei aber zwang die Größe des Deckbottichs mit seinen 10 m Höhe dazu, mechanische Entleerung einzuführen, die in der Ausrührvorrichtung gefunden wurde, die das Chlorkalium durch allmählich heruntersinkende, rotierende Kratzer von der Oberfläche abschabt und durch ein vorher durch das Gut gestoßenes Loch mittels eines dicht über dem Boden liegenden Mannloches ausfallen läßt. Zugleich verlängerte man auch die Kühlkästen auf 10 m, z. T. auch auf 20 m. Andererseits ging man dazu über, das bisher allgemein übliche Arbeiten mit abgeteilten Mengen durch Arbeiten mit ununterbrochen fließenden Materialien zu ersetzen. Diese grundsätzliche Neuerung führte dann, etwa 1910 ernstlich beginnend, zu Neukonstruktionen einer großen Zahl neuer Apparate, an deren Ausgestaltung sich viele namhafte Maschinenfabriken aufs lebhafteste beteiligten.

Es ist interessant, daß man bei der Konstruktion der kontinuierlichen Apparate ganz allgemein das Arbeiten im Gegenstrom als selbstverständlich voraussetzte, und daß z. T. erst der Verzicht auf diesen vermeintlichen Vorteil zu einem vollen Erfolge führte, so daß jetzt der Gleichstrom meist bevorzugt wird.

Zum kontinuierlichen Lösen konstruierte man zuerst rotierende Lösetrommeln, in denen das Salz durch Becher oder Schaufeln gehoben und durch Schürren beim Niedersinken aus einer Abteilung immer in die folgende transportiert wurde. Diese Trommeln zeigten aber den Nachteil, daß sie sehr kompliziert und schwer zugänglich und infolgedessen wenig betriebssicher sind. Die sehr starke Bewegung des Salzes führte außerdem vermeintlich dazu, etwa vorhandenen Schlamm gründlich aufzurühren und frei zu machen. Man ging daher im allgemeinen von der Trommel ab und baute die Löseapparate als Schnecken von verschiedenem Durchmesser, wobei meist auch eine mäßige Hebung des Salzes bewirkt wird mit nachfolgendem Fallen durch die strömende Lauge. Eine besondere Schwierigkeit bot dabei stets die Wärmezufuhr, besonders beim Lösen von Hartsalz. Die Heizrohre lassen die warme Lauge aufsteigen, und es bildet sich eine Schicht heißer Lauge an der Oberfläche des Apparates, die mit dem kalt am Boden entlang wandernden Salze nur schwer und unvollkommen vermischt werden kann. Der sehr einleuchtende Versuch, den Schneckenring als Heizfläche auszubilden, indem man ihn zur Aufnahme des Heizröhren mit doppeltem Boden versah, hatte keinen vollen Erfolg, weil die Heizfläche erheblich größer nötig ist, als die Fläche des Troges beträgt, um so mehr als auch der Wärmedurchgang durch das Rohsalz, das einen erheblichen und gerade den wichtigsten, untersten Teil bedeckt, stark verringert wird. Ein weiterer Versuch, die Heizrohre mit rotieren zu lassen, führte zu apparativen Schwierigkeiten und verringert die Betriebssicherheit. Beachtenswert ist noch die Lösung, die Heizkörper tief und durch ein Dach gegen Bedeckung mit Rohsalz geschützt anzuordnen, wie sie bei dem neuesten Typ des Löseapparates verwandt ist, der rohrartig geschlossenen Lösetrommel. Diese bietet auch den großen Vorteil, daß man keine freie Laugenoberfläche hat, die nach den Feststellungen der Kaliforschungsanstalt den weitaus größten Teil der Wärmeverluste im Löseapparat bedingt. Zu erwähnen sind noch die Löseapparate, in denen das Rohsalz vertikal geführt und der Rückstand durch eine steile Schnecke aus der Lauge wieder herausgehoben wird.

Daß die Löseapparate mit kontinuierlichem Strömen einen großen Vorteil gegenüber dem periodisch arbeitenden Lösekessel bieten, ist übrigens nicht unbestritten. In hohen Löschhäusern mit sehr großen Lösekesseln ist der Aufwand an menschlicher Arbeit so gering, daß er kaum nennenswert unterboten werden kann. Dagegen steht die meist größere Reparaturbedürftigkeit des kontinuierlichen Löseapparates. Von Vorteil ist bei dessen Benutzung die Möglichkeit, mit billigen, niedrigen Gebäuden auszukommen. Die Mehrzahl der Werke dürfte heute den kontinuierlichen Lösebetrieb vorziehen.

Für den Deckprozeß kommt nur eine Bandschnecke mit steilen Windungen in Frage; man hat aber bei den kleineren Mengen, um die es sich hierbei handelt, offenbar nicht so sehr das Bedürfnis gehabt, kontinuierlich zu arbeiten, so daß solche Deckapparate weniger verbreitet sind. Eine Hauptrolle spielt dabei wohl die Erwägung, daß man das Chlorkalium doch lagern muß und daß man damit das

Decken gleich verbinden kann, wenn man die Lagerung, die zum Abtropfen und als Betriebspuffer zwischen Kristallisation und Trockenofen unerlässlich ist, in großen Deckgefäßen vornimmt. Außerdem hat das Decken überhaupt sehr an Bedeutung verloren, da die großen Sylvinit- und Hartsalzfabriken gleich bei der Kristallisation ein Chlorkalium mit mehr als 80% gewinnen, und die Carnallitwerke, besonders infolge der Konzentrationsbildung, sich auf niedrige Fabrikate beschränken können. Ein größerer Fortschritt in Deckapparaten ist jedenfalls nicht zu erwarten. Daher ist wohl die bedeutsamste Entwicklung der Apparatur an dieser Stelle des Arbeitsganges die Ausbildung der Apparatur für den Transport von der Lecke zum Ofen. Die häufigste Ausbildung dieser Lecke dürfte heute der Zylinder mit 5–6 m Durchmesser und 5–10 m Höhe sein. Dieser wird, wie schon erwähnt, mit einer Ausrührvorrichtung entleert, die das Chlorkalium von der Oberfläche abschabt und durch ein Loch im Chlorkalium fallen läßt. Als man diese Apparatur zuerst einfuhrte, hatte man es nur mit grobem, im Kasten kristallisiertem Chlorkalium zu tun, das locker lag und leicht zu bewegen war. Die hierfür berechneten Ausrührapparate reichten aber bald nicht mehr aus, als ein immer größerer Anteil an schlammigem, festliegendem Salz aus den Kühltürmen in die großen Deckgefäße geschlämmt wurde, und mußten in Materialstärke und Antriebskraft erheblich verstärkt werden. An anderer Stelle hat man noch mit Erfolg versucht, das feuchte Chlorkalium offen zu lagern und mit Trockenbaggern aufzunehmen und dem Ofen zuzuführen. Jedenfalls liegt an dieser Stelle der Fabrik eine Entwicklungsmöglichkeit, indem man sich die Lager- und Transporterfahrungen anderer Industrien noch mehr zunutze macht.

Im Gegensatz zum Decken ist die künstliche Kühlung in voller Entwicklung. Schon vor dem Kriege waren eine Reihe von Konstruktionen aufgetreten, die den alten Kühlkästen ersetzen wollten, und zwar waren es vor allem zwei Gründe, die hier zum Vorwärtstreben antrieben. Erstens der, daß der ganze riesige Wärmeinhalt der Laugen nutzlos verlorenging, und zweitens der, daß man die großen Lohnsummen sparen wollte, die das Kastenausschlagen und das Zusammenfahren der über eine große Fläche verteilten kleineren Chlorkaliummengen kostet. Nach dem Kriege ist ein dritter Grund mehr in den Vordergrund getreten, nämlich die Ersparnis an Anlagekapital, das bei Beschaffung von Kühlkästen heute ungemein groß wäre.

Die älteste bewährte Konstruktion dürfte die sein, daß man die heiße Lauge um flache, senkrecht stehende Kühltaschen fließen läßt, die innen von der Kühlflüssigkeit, kalter Lauge oder Wasser, durchströmt werden. Das ausgeschiedene Salz wird von Zeit zu Zeit abgeschabt und fällt in eine Schnecke, die es aus dem Kühlapparat schafft. Dabei trat unter anderm auch die Schwierigkeit auf, daß man die Schnecke für Chlorkalium offen, aber zugleich für Lauge verschlossen halten muß, damit diese nicht auf dem nächsten Wege, ohne den Kühlweg gegangen zu sein, wieder austritt. Einen vollen Erfolg haben diese Apparate erst gehabt, als man das Prinzip der Kühlwasserregelung einführte, nach dem durch geeignete Abzweigung eines Teils der Kühlflüssigkeit dafür gesorgt wird, daß überall dasjenige Temperaturgefälle zwischen heißer und kalter Lauge herrscht, das die beste Kristallisation gibt. Dieser Kühlapparat hat große Erfolge erzielt, sowohl in der Ersparnis an Arbeitskräften und an Gebäuden, als auch in der erheblichen Rückgewinnung von Wärme. Leider sind die Anlagekosten heute übermäßig hoch infolge der großen erforderlichen Blechmengen. Infolgedessen haben die Kühleinrichtungen, die die Wärme auf Luft übertragen, also keine Kühlflächen benötigen, eine besonders starke Entwicklung genommen, zugleich aber auch wegen der ungemein großen Leistungen, die man mit einem Apparat gegebenenfalls erzielen kann. In dieser Beziehung steht an der Spitze der einfache Kühlturm ohne Einbau, in dem in halber Höhe die heißen Laugen versprüht werden und sich beim Niedersinken in Form von feinen Tropfen abkühlen. Das ausgeschiedene Chlorkalium wird als Schlamm mit der Lauge fortgepumpt und in Absatzgefäßen abgeschieden. Des weiteren sind eine Anzahl von Türmen mit Einbauten konstruiert nach Art der Kamin- kühler für Kondensationen. Diese scheinen bei weniger großen Leistungen und bei Carnallitverarbeitung bevorzugt zu werden. Ferner ist der Fall der Laugentropfen im Luftstrom bei der Kühltrommel ausgenutzt, die gleichfalls für kleinere und mittlere Leistungen angewandt wird. Alle diese mit Luft kühlenden Apparate wirken im wesentlichen durch Verdunstungs- und Leitungsabkühlung an der Oberfläche fallender Tropfen. Im Gegensatz hierzu wird die Luftkühlung indirekt ausgenutzt durch vorherige Übertragung der Wärme auf Eisen im Scheibenkühler, bei dem die Kühlung dadurch bewirkt wird, daß eine Anzahl von rotierenden Eisenscheiben zur unteren Hälfte in die heiße Lauge eintaucht, während die obere Hälfte in dem kühlenden Luftstrom liegt. Die Drehung der Scheiben ergibt, daß dauernd die im Luftstrom gekühlten Teile neu eintauchen und an der andern Seite die aus der Lauge von dem Eisen aufgenommene Wärme in den Luftstrom gehoben wird. Zugleich findet auch ein kühlende Verdunstung an der Oberfläche der Lauge selbst statt. Da hierbei nur eine ganz geringe Bewegung der langsam fließenden Lauge stattfindet, ist die Möglichkeit gegeben, ein verhältnismäßig grobes Kristallkorn zu erzielen, indem das an den Scheiben abgeschiedene Chlorkalium vor dem Auftauchen an feststehenden Schabern abgestrichen wird.

In anderer Weise nützt der Vakuumkühler die Verdunstungswärme aus, indem die heiße Lauge durch ein möglichst hohes Vakuum gesogen wird, wobei durch Verdampfung von Wasser die Temperatur auf den dem Vakuum entsprechenden Siedepunkt fällt. Die Abkühlung ist hierbei nicht sehr groß, und es ist unerlässlich, mittels weiterer Vorrichtungen weiter zu kühlen. Aber das Verfahren hat den großen Vorzug, daß der Dampf nicht mit Luft verdünnt ist, so daß die Wärme durch Kondensation leicht wiedergewonnen werden kann. Es dürfte auch lohnen, zu untersuchen, ob nicht durch geeignete Maßnahmen das Vakuum sich so verbessern läßt, daß die Kühlung erheblich weitergeführt wird als bisher.

Ein Haupthindernis für die Entwicklung der Kühlapparate war das Bestreben, große Kristalle zu erzielen, da nur diese leicht von der Lauge zu trennen sind, und ein besonders bei chlormagnesiumreichen Laugen sehr fein ausgeschleudertes Chlorkalium mit der Schaufel überhaupt nicht mehr gefaßt werden kann. Der große Aufschwung im Kühlerbau ist erst eingetreten, als man sich von dieser Rücksicht frei machte, was meines Wissens zuerst auf den großen Hartsalzwerken des Werratales geschah, und die Beherrschung des schlammförmigen Chlorkaliums anstrebte.

In diesem Zusammenhange sind die Einrichtungen zu erwähnen, die zur Trennung von Laugen und festen Körpern dienen und deren weitere Ausbildung eine erhebliche Umstellung im Betriebe einiger Kaliwerke herbeiführte und berufen scheint, noch viel größere Wandlungen in Zukunft zu bringen. Bei dem alten Verfahren der Carnallitverarbeitung genügte ein einfacher Ablauf der Lauge aus dem Rückstand, da man mit ganz grober Mahlung auskam. Die Hartsalze, welche beim Lösen nicht zerfallen, mußten fein gemahlen werden, ergeben außerdem viel mehr Rückstand, und man mußte daher besondere Einrichtungen zur Abtrennung der Lauge vom Rückstand schaffen, indem man feststehende oder kippbare Nutschen für den Rückstand benützte, während später auch das Absetzen und Aufsammlen in ganz großen Gefäßen mit Erfolg verwandt wurde, aus denen der erschöpfte Rückstand in derselben Weise ausgerührt wird, wie das Chlorkalium aus den großen Deckgefäßen. In ähnlicher Art arbeiten auch die Tellernutschen, flache Zylinder mit Nutschenboden und Ausrührvorrichtung.

In ganz anderer Weise hat sich die oft sehr schwierige Abtrennung der feinen festen Verunreinigungen der Laugen entwickelt, die Befreiung der Laugen von Schlamm. Das alte Verfahren war, die Laugen so lange in Klärkästen stehen zu lassen, bis sich die schwimmenden Verunreinigungen abgesetzt hatten, und sie dann vorsichtig abzuziehen. Der abgesetzte Schlamm wurde meist in Filterpressen ausgewaschen und entwässert. Da manche Rohsalze äußerst lange schwimmende Verunreinigungen geben, war es oft nötig, stundenlang zu klären, wodurch große Verluste an Chlorkalium eintraten. Hier hat die Verwendung großer, kontinuierlich wirkender Druckfilter, der Kelly- und Sweetland-Filterpressen, einen großen Fortschritt gebracht, indem die trüben Laugen ohne weiteres heiß durch die Filter gedrückt werden, so daß sie völlig klar zur Kristallisation kommen.

Einen vielleicht noch größeren Einfluß dürften auf den ganzen Arbeitsgang der Kalifabriken die Trommel- oder Zellenfilter bekommen. Das sind rotierende Nutschen, mittels deren man feine Kristalle und Schlämme in ununterbrochenem Arbeitsgange sehr bequem aus Laugen abscheiden kann, wobei zugleich eine gewisse Möglichkeit des Auswaschens gegeben ist. Da diese Apparate außerdem für immer größere Leistungen gebaut werden, wird man sie auch für ganz großen Betrieb bald berücksichtigen können.

Schließlich sind noch die Trockenapparate zu besprechen, deren Entwicklung gleichfalls in der Zeit seit Beginn des Jahrhunderts liegt. Die ersten Versuche, in rotierenden Trommeln zu trocknen, die von den Heizgasen durchströmt werden, führte zu großen Betriebsschwierigkeiten, die vor allem dadurch begründet waren, daß man durch Gegenstrom glaubte die Wärme am besten ausnützen zu können. Die Folge war, daß am Eintritt der Heizgase das schon fast trockene und stark vorerhitzte Chlorkalium schmolz, und daß am andern Ende das Salz bei dem langsamen Trocknen mit den schon stark feuchten und abgekühlten Gasen an der Trommel festbackte. Hier half erst der Gleichstrom, d. h. die Einführung des nassen Salzes gleich in die frischen Feuergase und die sorgfältige Konstruktion der Hubeinrichtungen in der Trommel, mittels deren das Salz immer wieder über den ganzen Querschnitt der strömenden Feuergase gestreut wird. Die Leistung von 350 dz Chlorkalium in der Stunde dürfte wohl die Grenze des heute Erreichbaren darstellen.

Bezüglich der allgemeinen Hilfsapparate ist noch zu erwähnen, daß man in weitem Umfange von der Stempelpumpe zu Zentrifugalpumpen übergegangen ist. Diese haben sich für immer mehr Zwecke als brauchbar erwiesen, nachdem man erkannt hat, daß hier nur mit allerbestem Material und sorgfältigster Durchbildung, besonders zum Beispiel der Lagerung, ein befriedigender Betrieb erzielt werden kann. Sehr erfreulich ist bei ihrer Verwendung, daß bei falscher Bedienung der Hähne und Schieber keine Rohrbrüche eintreten können, und vor allem ihre vergleichsweise niedrigen Anschaffungskosten und die überaus einfache, überall mögliche Aufstellung, besonders bei direktem Antrieb mit einem auf derselben Grundplatte montierten Elektromotor.

Bezüglich der Mühlen für Kalisalze haben gleichfalls die letzten zwanzig Jahre eine Fülle von Neukonstruktionen gebracht. Beson-

ders zwei Typen haben ein großes Gebiet erobert. Das sind erstens die Walzenstühle, in denen ein weitgehend vorgebrochenes Salz zwischen, heute meist etwas geriffelten, Walzen zugleich zerdrückt und zerrieben wird, und die Grobmühlen, in denen mit großer Geschwindigkeit rotierende, pendelnd aufgehängte Eisenschläger das Salz, wie es aus der Grube kommt, soweit zertrümmern, daß es sofort den Feinmahlapparaten zugeführt werden kann. Es fehlt übrigens noch sehr an planmäßigen Untersuchungen über die verschiedenen Korngrößen, die die einzelnen Mahleinrichtungen liefern, da die Bedeutung dieser Angelegenheit noch nicht nach Gebühr gewürdigt wird. Besonders bei der Verarbeitung von Hartsalzen und der Verwendung von kontinuierlichen Löseapparaten ist es erforderlich, das Salz so gleichmäßig gemahlen wie nur irgend möglich zu verwenden. Jedes Korn, das über das Normalmaß hinausgeht, wird nicht voll ausgelöst, besonders bei Gleichstrom, und oft hat man die Lösezeit verlängert und damit alle die bekannten Nachteile mit in Kauf genommen, nur wegen des Anteils an zu groben Körnern. Andererseits wird alles Rohsalz, das feiner ist, als einer bestimmten Korngröße entspricht, vom Laugenstrom mitgerissen und vermehrt als Schlamm Verluste und Unannehmlichkeiten.

Zum Schluß sei noch auf die große Entwicklung hingewiesen, die die Apparate für Ein- und Ausspeicherung genommen haben, die aber meist mit anderen Industrien gemeinsam sind. Besonders für die Kaliindustrie dürften sich die schwenk- und fahrbaren Kratzer entwickelt haben, mittels deren man große Schuppen voll gemahlener Salze leicht entleeren kann, indem sie das Gut, auch wenn es schon etwas fest geworden ist, auf ein Band oder in einen Elevator herunterkratzen, sowie die Apparate zum Beladen von gedeckten Eisenbahnwagen mit losem Salz.

[A. 172.]

Das Brom, seine Gewinnung und Verwendung.

Von W. HÜTTNER, Hannover.

Im Jahre 1826 überraschte A. Jérôme B a l a r d, Apotheker in Montpellier, die wissenschaftliche Welt mit einer Aufsehen erregenden Arbeit: Sur une Substance particulière, contenue dans l'eau de mer.

Er hatte zunächst aus Fucusaschen und dann aus den Mutterlaugen der dortigen Salinen durch Einwirkung von Chlor eine neue Substanz isoliert, die sich bei näherer Untersuchung als ein neues chemisches Element charakterisierte. Eine schwere, braune Flüssigkeit war es, die er zunächst „muride“, später unter Bezugnahme auf ihren stark reizenden Geruch „Brom“ nannte. Wie so oft, spielte auch hier die Du-Étät der Fälle eine eigenartige Rolle, denn bald nach Veröffentlichung der B a l a r d'schen Arbeit meldeten sich eine ganze Anzahl bekannter Chemiker, die das eigenartige Element bereits mehrere Jahre vorher beobachtet und in den Händen gehabt hatten, unter anderm der österreichischer J. R. Joß und unser großer Landsmann Justus von Liebig.

Während man aber in Frankreich sich sonnte in dem Glanze der neuen Entdeckung, arbeiteten deutsche Gelehrte und Techniker, wie L ö w i g, H e r m a n n u. a., an der weiteren Ausgestaltung der Methoden zur fabrikatorischen Gewinnung des Broms, und in der Tat kann Deutschland das Vorrecht für sich in Anspruch nehmen, die ersten wirklichen Bromfabriken errichtet zu haben. Vielleicht die älteste derselben hat im Anfang des vorigen Jahrhunderts auf der Insel Wangerooge gestanden. Sie ist längst vom Erdboden verschwunden, aber das Café, das nach dem Abbruch der „Saline“ an gleicher Stelle erbaut wurde, weist noch heute durch seinen Namen auf die alte Betriebsstätte hin. Natürlich konnte damals von einer eigentlichen Bromindustrie nicht die Rede sein, denn der Verbrauch des immerhin teuren Elementes war, da es fast ausschließlich zu medizinischen Zwecken Verwendung fand, ein verhältnismäßig geringer.

Erst die Auffindung der Staßfurter Abraumsalze und der Nachweis relativ großer Brommengen in denselben gab den Anstoß zu einer wirklichen Bromindustrie, die sich als Nebenweig der Kaliindustrie im Laufe der Jahre zu recht ansehnlicher Höhe entwickelte. Natürlich trug zu dieser Erweiterung der immer größer werdende Bedarf der chemischen Industrie an Brom bei, der in der Hauptsache durch die Entdeckung von Anilinfarbstoffen (Eosinen) durch Bayer (1871) und Caro (1876) hervorgerufen wurde.

A d o l f F r a n k, einer der Begründer der deutschen Kaliindustrie, errichtete im Jahre 1865 in Staßfurt die erste größere Bromfabrik, in der er bereits im ersten Betriebsjahre 750 kg des wertvollen Stoffes herstellte. Die Produktion vervielfachte sich in den folgenden Jahren, und der reiche Gewinn gab auch anderen Kaliwerken Veranlassung, Bromfabriken zu errichten. So entstand nach und nach in Deutschland eine regelrechte Bromindustrie, die den größten Teil des Weltbedarfes an Brom zu decken vermochte. Viele Jahre lang zu einer Konvention fest zusammengeschlossen, konnten die Bromfabrikanten ihre Produktion der jeweiligen Nachfrage anpassen und die Verkaufspreise zweckmäßig regulieren. Leider ist diese Vereinigung später aufgelöst worden, was eine Überproduktion und Preistreiberei zur Folge hatte und manches neue Unternehmen entstehen ließ, das im Interesse der Kaliindustrie besser nicht gegründet worden wäre.

Das Verfahren, das F r a n k anwendete, liegt auch — mit geringen Abänderungen — der heutigen Bromfabrikation zugrunde und besteht darin, daß das Brom aus den in der Endlauge der Kalifabrikation enthaltenen Bromiden durch Chlorgas freigemacht wird. Während aber