

II. Chemie und Hüttenkunde.

Ein neuer Vorschlag zur Verarbeitung des Braunkohlenteers.

Von Prof. Dr. E. Erdmann¹⁾.

Die nachfolgend mitgeteilten Laboratoriumsversuche über Braunkohlenteer und ein daran geknüpfter Vorschlag zur Verarbeitung dieses Rohproduktes sind vielleicht schon in der vorläufigen, der technischen Ausarbeitung noch bedürftigen Form für die Fachmänner der sächsisch-thüringischen Schwelindustrie beachtenswert; auch wohl für diejenigen Industriellen, die durch die fortschreitende Vermehrung der Braunkohlengeneratoranlagen mit Nebenproduktengewinnung in die Lage kommen, große Mengen von Generatorsteer zu verarbeiten.

Der Teer, welcher durch trockene Destillation bituminöser Braunkohle entsteht, ist, chemisch betrachtet, ein sehr kompliziertes Gemenge, welches viel weniger erforscht ist, als der für die organische Farbenindustrie eine Daseinsbedingung bildende Steinkohlenteer der Gasanstalten und Kokereien. Aus dem Braunkohlenteer sind 40—50 verschiedene chemische Verbindungen in reinem Zustande isoliert worden, ohne daß damit sein Reichtum an chemischen Stoffen im entferntesten erschöpft ist. Auch wird kein einziges dieser chemischen Individuen zurzeit in technischem Maßstab aus dem Braunkohlenteer rein hergestellt, — ganz anders als beim Steinkohlenteer, wo die organische chemische Industrie Wert darauf legt, eine Anzahl aromatischer Kohlenwasserstoffe in möglichst vollkommener Reinheit herauszuarbeiten, um sie als Bausteine für kompliziertere Verbindungen, z. B. Farbstoffe oder Medikamente, zu benutzen. Hingegen sind die aus Teer gewonnenen Handelsprodukte der Braunkohlenindustrie jedes für sich noch ein recht reichhaltiges Gemenge chemischer Individuen. Ist also die chemische Trennung bei diesen Verkaufsprodukten noch nicht sehr weitgehend, so lassen sie sich doch nach physikalischen Gesichtspunkten in drei Gruppen teilen:

1. das Gemenge fester Kohlenwasserstoffe, das wir als Paraffin bezeichnen;
2. die viskosen Oele, deren geschätzteste Eigenschaft eben die Zähflüssigkeit bildet, und
3. die dünnflüssigen Mineralöle, welche zwar in weiten Abständen, aber doch verhältnismäßig niedrig sieden, und die nach ihrer jetzigen Hauptverwendung für Motore als Treiböle bezeichnet werden mögen.

Das bisher allgemein übliche grundlegende Verfahren zur Herausarbeitung dieser Produkte in den Mineralöl- und Paraffinabriken besteht in der fraktionierten Destillation. Der Teer wird, meist unter mäßig vermindertem Druck, aus eisernen Blasen destilliert und durch gesondertes Auffangen in verschiedene Fraktionen

¹⁾ Vortrag, gehalten am 23. März 1918 auf der 2. Mitgliederversammlung in Halle a. S. Vgl. Braunkohle 1918, Nr. 37/38.

von niedrigerem und höherem Siedepunkte zerlegt. Sie werden, jede für sich, einer chemischen Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure und darauf mit Natronlauge dem sogenannten „Mischprozeß“ unterworfen. Aus der paraffinreichen Fraktion wird das Paraffin durch Kristallisation abgeschieden und durch Abpressen gewonnen. Das Ablauföl muß, um es vollständig zu entparaffinieren, den Prozeß der Destillation und Kristallisation ein zweites Mal, häufig auch ein drittes Mal durchmachen. Das Destillationsschema und Kristallisationsschema der verschiedenen Paraffinmassen und Ablauföle wird dadurch ziemlich verwickelt. Die verschiedenen Fraktionen, in welche die Oele durch die Destillation zerlegt werden, kommen als Solaröl, Gelböl, Fettöl, Gasöl und Paraffinöl in den Handel. In wenigen Prozents wird ein Schmieröl von hoher Viskosität, sogenanntem Zylinderöl, durch künstliche Kondensation aus Paraffinöl gewonnen.

Es ist wohl unbestreitbar, daß das Verfahren, hochsiedende Mineralöle von festem Paraffin durch wiederholte fraktionierte Destillation mit abwechselndem Kühl- und Preßprozeß zu trennen, durch Kohlenverbrauch und Arbeitslöhne mit verhältnismäßig hohen Unkosten belastet wird. Geradezu roh aber ist die „Reinigung“ der Destillate mittels konzentrierter Schwefelsäure, welche die ungesättigten Kohlenwasserstoffe in unlösliche Harze verwandelt. Diese sogenannten Säureharze haben kaum noch einen anderen Wert als den Heizwert ihrer Verbrennung in der Forsunkafeuerung unter den Destillierblasen.

Von einem großen Werk der Braunkohlenindustrie, den A. Riebeck'schen Montanwerken¹⁾, ist neuerdings der chemische Mischprozeß durch eine Behandlung des Teeres oder seiner Destillate mit Alkohol ersetzt worden. Dieses technisch sehr vollkommen durchgearbeitete Verfahren stellt zweifellos einen bedeutenden Fortschritt in der Verarbeitung des Braunkohlenteeres dar, benutzt aber neben der chemischen Trennung immer noch die fraktionierte Destillation als Trennungsmittel der Teerbestandteile. Die Destillation des Teeres erfordert, auch wenn sie unter einem verminderten Druck von 400—500 mm erfolgt, recht hohe Temperaturen, oberhalb 300° bis gegen 400°. Dabei entwickeln sich, wie seit langem bekannt ist, Destillationsgase, die ihres hohen Heizwertes wegen auch technische Verwendung in den Betrieben der Mineralölindustrie finden. Nach vorliegenden Literaturangaben²⁾ entstehen aus 100 kg Teer 1,8—2,5 cbm dieser Gase. Sie sind von Prof. Dr. E. Graefe, welchem die Braunkohlenindustrie so manche wertvolle Arbeit verdankt, analysiert, und von ihm sind neben geringen Mengen anderer Gase Methan und Aethan darin gefunden worden³⁾.

Diesen Destillationsgasen habe ich meine Aufmerksamkeit zunächst zugewendet, weil sie ein deutliches Zeichen stattfindender Zersetzung sind, und ich habe mich hauptsächlich gefragt: Welche Teerbestandteile sind es, die sich bei ihrer Entwicklung zersetzen?

Zur Beantwortung dieser Frage war es erforderlich, den Teer chemisch zu zerlegen, ohne ihn einer hohen Temperatur auszusetzen, und zunächst das Paraffin abzuscheiden. Für die Abscheidung des Paraffins aus dem Teer habe ich Essigäther und Aceton versucht. Wie mir erst nach Beendigung der Versuche bekannt wurde, ist Essigäther bereits von Dr. Landsberg und Dr. Wolter⁴⁾ nach einem deutschen Patent zur Abscheidung von Paraffin aus schweren Mineralölen; Aceton von Prof. Dr. Franz Fischer⁵⁾ für die Aufarbeitung von Tief-

1) D. R. P. 232657 vom 6. März 1910.

2) Graefe, Die Braunkohlenindustrie, Halle a. S. 1906, S. 52; Erdmann, Die Chemie der Braunkohle, Halle a. S. 1917, S. 29.

3) A. a. O. S. 53.

4) D. R. P. 241528.

5) Gesammelte Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle, Berlin 1917, S. 123 ff. Vgl. auch W. Schneider, Braunkohle 17, 508, und E. Erdmann, ebenda 510.

temperaturteeren aus Steinkohlen benutzt worden. Für die Ausscheidung des Paraffins aus Braunkohlenteer fand ich Aceton geeigneter als Essigäther. Dies beweist folgender Vergleichsversuch: 500 ccm (= 431 g) klarer Braunkohlenteer¹⁾ wurde unter sonst gleichen Verhältnissen mit 1 Liter Aceton und andererseits mit 1 Liter Essigsäure gefällt, das ausgeschiedene Paraffin bei +3° abfiltriert, ausgewaschen und nach Entfernung des Lösungsmittels gewogen: die Filtrate ergaben bei Abkühlung auf -21° noch etwas Weichparaffin, welches in gleicher Weise isoliert und zur Wägung gebracht wurde.

Ausbeute:	
Mit Aceton gefällt	Mit Essigäther gefällt
1. Ausscheidung (bei 3°)	50,1 g 37,3 g,
2. Ausscheidung (bei -21°)	5,7 „ 5,82 „
	55,8 g = 12,9 % 43,12 g = 10,0 %.

Die Fällung ist also erheblich vollständiger mit Aceton.

In der Tat ist Hartparaffin in reinem, kalten Aceton außerordentlich schwer löslich. Die genaue Löslichkeitsbestimmung ergab, daß 1 g aus Alkohol-Aether umkristallisiertes Hartparaffin zu seiner Lösung 11000 g Aceton von 20° C erfordert, während Weichparaffin (Handelsprodukt) 2146 Gewichtsteile Aceton zur Lösung gebrauchte. Ich kann daher Aceton zur quantitativen Bestimmung des in Teer oder Teeröl enthaltenen Paraffins empfehlen²⁾.

Die Kontrollbestimmungen mit Solaröllösungen des Paraffins von bekanntem Gehalt gaben gute Uebereinstimmung, wenn so viel der Lösung verwendet wurde, als 1 g Paraffin entspricht.

Angewandt	gefunden
1,0000 g Hartparaffin in 10 g Solaröl	a) 0,9995 g 99,95 % b) 0,9924 „ 99,2 „
0,1000 g Hartparaffin in 10 g Solaröl	a) 0,1015 „ 101,5 „ b) 0,0953 „ 95,3 „

Eine Lösung 1:10 gibt also richtige, eine Lösung 1:100 noch annähernd richtige Werte. Selbst eine Lösung von 0,010 g Paraffin in 10 g Solaröl, also 1:1000, scheidet bei Zusatz von 40 ccm Aceton und Abkühlen noch Flocken von Paraffin ab.

Nachdem die Kontrollbestimmungen die Zuverlässigkeit dieses Verfahrens dargetan hatten, habe ich es zur Bestimmung des Paraffingehaltes in den Braunkohlenteeren aus Köpsen verwendet. Es wurden Paraffingehalte gefunden von 12,0 und 13,8 % in zwei verschiedenen Schwelteeerproben und 19,1 % in einer Generatorteeerprobe. Dem entsprachen die Ausbeuten beim Kiloversuch. Einzelheiten des Abscheidens und Auswaschens will ich hier nicht ausführlich schildern, sondern nur bemerken, daß der Niederschlag ein- bis zweimal vom Filter heruntergenommen und mit Aceton verrieben werden muß, um die Oele vollständig herauszuwaschen; was namentlich bei dickem Generatorteeer gewisse Schwierigkeiten bietet, die sich aber überwinden lassen.

1) Der zu den nachfolgenden Versuchen benutzte Schwelteeer und Braunkohlengeneratorteeer stammte aus Köpsen bei Webau. Ich verdanke ihn dem freundlichen Entgegenkommen von Dr. Scheithauer, Direktor der Werschen-Weißenfelder Braunkohlen-A.-G. in Halle a. S. Der Schwelteeer besaß das spezifische Gewicht 0,8834 bei 58°. der Generatorteeer war sehr dick und hatte das spezifische Gewicht 0,9546 bei 58°.

2) Pawlewski und Filemonowicz, Ber. 21, 2973 (1888), empfahlen zu gleichem Zweck Eisessig, Holde Alkohol-Aether, Neustadt, Chemiker-Ztg. 30, 38 (1906), hat bereits Aceton zur Bestimmung des Oelgehaltes in Paraffinschuppen benutzt.

Schließlich wird der Filtrerrückstand abgepreßt, das Aceton aus den Preßkuchen abdestilliert, und man behält nun ein Rohparaffin zurück, welches zwar noch braun, beim Generatorsteer schwarzbraun gefärbt ist, aber als Isoliermasse und für Verschlüsse ohne weiteres brauchbar ist und sehr wohl ein direktes Handelsprodukt bilden kann. Aus Schwelsteer in dieser Weise gewonnenes Rohparaffin hatte den Erstarrungspunkt (nach Shukoff¹⁾ bestimmt) $52,05^{\circ}$, die Säurezahl 2,6, die Verseifungszahl 7,2. Die Verseifungszahl der schwarzbraunen Probe aus Generatorsteer betrug 5,9. Es scheint hiernach, daß das Rohparaffin noch eine geringe Menge unzersetztes Bitumen (Montanwachs) enthält.

Durch chemische Behandlung kann man das mit Aceton abgeschiedene Rohparaffin reinigen und Kerzenmaterial daraus gewinnen, welches, obwohl aus Steer auf rein chemischem Wege ohne jede Destillation gewonnen, dennoch rein weiß und geruchlos ist. Ein solches Ergebnis konnte nach den bisher vorgeschlagenen, aber in die Praxis nicht eingeführten Verfahren²⁾, um Paraffin ohne Destillation aus dem Braunkohlenteer zu gewinnen, nicht erreicht werden³⁾.

Wir kommen nun zu den Oelen, welche im Filtrat des Paraffinniederschlags, im Acetonauszug, enthalten sind, und zu dem chemisch interessanten Kapitel der Destillationsgase.

Wenn man den Acetonauszug in einem Glaskölbchen der Destillation unter gewöhnlichem Druck unterwirft, so geht zuerst das leicht flüchtige, schon bei $56,5^{\circ}$ siedende Aceton über. Dann steigt die Temperatur auf 260° , es beginnt die Destillation der Mineralöle. Gleichzeitig macht sich eine, zunächst noch sehr schwache Gasentwicklung bemerkbar, die immer stärker wird, je höher die Temperatur steigt. Schaltet man hinter die mit Wasser gekühlte Vorlage eine Glasschlange, die mit flüssiger Luft gekühlt wird, so läßt sich leicht feststellen, daß in den sich entwickelnden Gasen Kohlendioxid vorhanden ist, das sich als festes weißes Pulver in der stark gekühlten Schlinge niederschlägt. Außerdem läßt sich Schwefelwasserstoff durch seinen Geruch und seine sonstigen charakteristischen Eigenschaften unschwer erkennen.

Bei einem anderen Versuch wurde die Luft aus dem Destillationsapparate durch Kohlendioxid verdrängt und das sich entwickelnde Gas über Kalilauge aufgefangen. Dieser Versuch wurde mit 20 ccm des von Aceton bereits befreiten Oeles angestellt, das Thermometer befand sich mit seiner Kugel in der Flüssigkeit, nicht im Dampf⁴⁾. Mit 260° , dem Beginn des Destillierens des Mineralöles, treten winzige Gasbläschen auf, die in der Kalilauge nicht absorbiert werden. Bei 300° wird die Gasentwicklung etwas stärker, bei $350-360^{\circ}$ ziemlich lebhaft. Zuletzt wird sie stürmisch, wenn die Temperatur auf 400° und etwas darüber hinaus steigt; das Abdestillieren von Oel hört gegen 400° ganz auf. Das Destillat ist bis zum Schluß dünnflüssig. 100 ccm Gas wurden aufgefangen, ohne daß die Gasentwicklung damit ganz beendet gewesen wäre. In der Destillationskugel blieb ein geringer pechartiger Rückstand. Die Analyse des entwickelten Gases ergab Aethylen und Kohlenoxyd in etwa gleichen Mengen von 11—12 Volumprozent und 77% Methan. Wasserstoff wurde in dem Gase nicht gefunden.

Welche Teerbestandteile sind es nun, welche sich bei der Destillation unter Entwicklung jener Gase zersetzen? Daß es, wie man früher annahm, Bitumen ist, welches beim Schwelen der Braunkohle teilweise unverändert in den Teer übergegangen sei und sich nun erst bei der Teerdestillation zersetze, ist nach

1) Chemiker-Ztg. 25, IIII (1901)

2) Z. B. nach Pauli, D. R. P. 123 101, oder August Schulze, D. R. P. 162341.

3) Vgl. Graefe, Die Braunkohlenindustrie, Halle a. S., 1906, S. 41.

4) Wurde das Thermometer in den Dampf der übergelassenen Flüssigkeit gebracht, so zeigte es als Temperaturgrenzen des Siedens $240-356^{\circ}$.

meinen Versuchen ausgeschlossen. Denn bei diesen ist das etwa noch im Teer enthaltene Bitumen durch das Aceton zusammen mit dem Paraffin ausgeschieden worden. Ferner war auch von vornherein unwahrscheinlich, daß die in dem Acetonauszug enthaltenen Phenole, das sogenannte Kreosot, bei der Gasentwicklung eine Rolle spielen; denn die aus dem Braunkohlenteer bisher isolierten Phenole sind unzersetzt siedende Körper. Um dies aber sicher festzustellen, wurden bei dem nächsten Versuch die Phenole aus dem Acetonauszug durch Verdünnen mit Aether und Ausschütteln mit Natronlauge entfernt. Beiläufig gesagt, wurden aus der alkalischen Lösung 6,1 % freie Phenole, bezogen auf den acetonlöslichen Teil des Teeres, gewonnen.

Der so gereinigte, mit Schwefelsäure neutralisierte und mit Wasser gewaschene Acetonauszug verhielt sich bei der Destillation unter Atmosphärendruck hinsichtlich der Gasentwicklung genau so wie früher. Das destillierende Oel gab wieder reichlich Gas aus, welches nach Absorption von Kohlensäure und Schwefelwasserstoff zu $\frac{3}{4}$ aus Methan bestand, zu je $\frac{1}{8}$ aus Kohlenoxyd und Aethylen.

Destilliert man aber diesen Acetonauszug nicht unter gewöhnlichem Atmosphärendruck, sondern unter stark vermindertem Druck, so zeigt sich etwas sehr Bemerkenswertes. Bei 4 mm Druck gingen mehr als 50 % des Oeles bis 144 ° über, ohne daß eine Zersetzung eintrat, im Rückstand blieben 47 % eines dickflüssigen rotgelben Oeles, welches bei der Analyse folgende Zahlen ergab:

	I.	II.
C.	83,86	84,05
H.	10,02	9,89
N.	0,345	
S.	2,35	
O (Rest)	3,425	

Die Viskosität dieses Oeles beträgt 9,3 bei 50 °, seine Verseifungszahl 6,2. Beim Destillieren unter 4 mm Druck geht es zwischen 150—250 ° als viskose, gelbrote Flüssigkeit über.

Durch diese Versuche ist festgestellt, daß der Braunkohlenteer eine überraschend große Menge zähflüssiger Oele enthält, die nur unter sehr niedrigem Druck unzersetzt flüchtig sind, sich aber, bei gewöhnlichem oder nur wenig vermindertem Druck destilliert, unter Bildung von Gas und dünnflüssigem Mineralöl zersetzen, da sie Temperaturen oberhalb 260 ° nicht vertragen. Wie diese chemisch recht merkwürdige Reaktion, bei der sich Schwefelwasserstoff, Kohlendioxyd, Kohlenmonoxyd, Aethylen und viel Methan bilden, zu deuten ist, darauf will ich hier nicht weiter eingehen und nur bemerken, daß für die Eigenschaft der Zähflüssigkeit der Teeröle wahrscheinlich sowohl der Sauerstoffgehalt, der — mindestens teilweise — einem Gehalt an Estern zuzuschreiben ist, als namentlich der Schwefelgehalt von Bedeutung sein wird.

Die Folgerungen für die Industrie aber ergeben sich sehr einfach: Die hochviskosen Oele besitzen einen viel höheren Handelswert als die Treiböle — wenn ich recht berichtet bin, war der Wert im letzten Friedensjahre der fünf- bis sechsfache, da für Treiböl 9 M für 100 kg, für Schmieröl (von der Viskosität 2—3 bei 100 °) aber 50 M bezahlt wurden. Man sollte daher die entparaffinierten Teeröle überhaupt nicht vollständig destillieren, sich vielmehr darauf beschränken, das Treiböl in Vakuum abzudestillieren oder mit überhitztem Wasserdampf ohne äußere Erhitzung über freiem Feuer abzublasen. Dann bleiben die unzersetzten viskosen Oele im Rückstand.

Mein Vorschlag einer rationellen und einfachen Teerverarbeitung ist demnach folgender: Der nach dem Schwelverfahren oder nach dem Generatorverfahren gewonnene Braunkohlenteer wird in mäßig warmem Zustande mit dem doppelten

Volumen Aceton verrührt und dann auf 0° abgekühlt. Das ausgeschiedene Paraffin wird durch eine Filterpresse abfiltriert und mit Aceton ausgewaschen. Aus den Mutterlaugen läßt sich durch stärkeres Abkühlen auf -20° noch $1-1\frac{1}{2}\%$ des Teeres an Weichparaffin gewinnen. Die Preßkuchen werden vom Aceton durch Abtreiben befreit.

Aus dem Acetonauszug des Teeres wird das flüchtige Lösungsmittel ebenfalls durch Abdestillieren wieder gewonnen, das zurückbleibende Oel wird, ohne es über freiem Feuer zu erhitzen, mit überhitztem Wasserdampf von $200-250^{\circ}$ behandelt. Das übergehende flüchtige Oel ist als Treiböl gut zu verwenden, während im Rückstand Schmieröle von hoher Viskosität bleiben. Letztere kann innerhalb gewisser Grenzen durch die Dauer des Abtreibens mit Wasserdampf beliebig gesteigert werden.

Nach diesem Verfahren wurden Produkte¹⁾ mit folgenden Eigenschaften erhalten.

Rohparaffin aus Schwelteer,

Ausbeute $13,8\%$,
Farbe hellbraun,
Erstarrungspunkt $52,05^{\circ}$.

Rohparaffin aus Generatorteer,

Ausbeute $19,1\%$,
Farbe dunkelbraun,
Erstarrungspunkt $53,5^{\circ}$.

Gereinigtes Paraffin aus Schwelteer,

Farbe weiß,
Erstarrungspunkt $56,2^{\circ}$.

Treiböl aus Schwelteer,

Ausbeute 70% des entparaffinierten Teeres,
spezifisches Gewicht $0,920$,
Flammpunkt 77° ,
Siedepunkt 185° , bis 300° gehen 39% über.

Schmieröl aus Schwelteer,

Ausbeute 30% des paraffinierten Teeres,
Viskosität bei 50° $17,6$, bei 100° $2,35$,
Flammpunkt 207° .

Schmieröl aus Generatorteer,

Ausbeute 50% des entparaffinierten Teeres,
Flammpunkt 216° .

Hiermit habe ich die Grundzüge des vorgeschlagenen Verfahrens, soweit es ein chemisches Verfahren ist, dargelegt. Naturgemäß müßte es technisch erst noch sorgfältig durchgearbeitet werden.

Das vorgeschlagene Mittel zur Trennung von Paraffin und Mineralöl, das Aceton oder Dimethylketon, wird bei der trockenen Destillation des Holzes und des essigsauren Kalkes gewonnen, neuerdings auch als Nebenprodukt bei einem biologischen Verfahren der Verarbeitung von Zucker auf Glycerin. Auch aus Acetylen läßt es sich synthetisch aufbauen²⁾. Sein Friedenspreis betrug etwa 100 M für 100 kg . Die möglichst vollständige Wiedergewinnung dieses Ketons ist natürlich für die Wirtschaftlich-

1) Diese Produkte wurden vom Vortragenden in Proben vorgelegt.

2) Vgl. C. Duisberg, Zeitschr. f. angew. Chemie **31** (1918), wirtschaftlicher Teil, S. 243.

keit des Prozesses ausschlaggebend. Es ist Sache des Ingenieurs, die Apparatur so zu gestalten, daß ein möglichst geringer Prozentsatz des flüchtigen Lösungsmittels verloren geht. Was aber bei dem Verfahren der A. Riebeck'schen Montanwerke erreicht worden ist, daß nämlich nur Bruchteile eines Prozentes von dem verwendeten Alkohol verloren gehen, das wird bei Aceton annähernd auch zu ermöglichen sein. Sollten die Verluste bei dem niedrigen Siedepunkt des Acetons von $56\frac{1}{2}^{\circ}$ dennoch zu hoch werden, so wäre auch an das nächsthöhere Homologe, das Methyläthylketon, zu denken, dessen Siedepunkt dem des Alkohols gleichkommt.

Ein wesentlicher Vorzug des Verfahrens scheint mir die Einfachheit, Uebersichtlichkeit und Schnelligkeit zu sein, mit der der Braunkohlenteer in drei Produkte zerlegt wird, die, wie ich glaube, alle drei ohne weiteres marktfähig sind. Dadurch mag es sich namentlich dort empfehlen, wo es sich darum handelt, große Mengen Braunkohlengeneratorsteer in möglichst einfacher Weise zu verarbeiten. Wo es indessen der Absatz verlangt, kann sowohl das Rohparaffin weiter auf Kerzenmaterial verarbeitet, als auch das Treiböl durch fraktionierte Destillation weiter zerlegt werden.

Des weiteren glaube ich, daß gegenüber dem alten Verfahren an Kohlen und Arbeitslöhnen erheblich gespart werden wird; und zuletzt, aber nicht zu wenigst, ist die Ausbeute gerade an den wertvolleren Produkten, an Paraffin und Schmierölen, besser, da sie nicht durch den zersetzenden Einfluß zu hoher Temperaturen beeinträchtigt wird. Namentlich an sehr zähflüssigen Schmierölen, wie sie bisher aus den Destillaten, soweit mir bekannt ist, künstlich durch Kondensation mit Hilfe von Chlorzink erhalten werden, beträgt die Ausbeute ein Vielfaches der bisherigen. Die Schwelsteere enthalten davon etwa 25%, die Generatorsteere bis zu 50%.

Zum Schluß sei ein Hinweis auf die allgemeinere Bedeutung des uns hier beschäftigenden Gegenstandes gestattet.

Die möglichst gute Ausnutzung der Kohle und die damit in nahem Zusammenhang stehende Frage der Nebenproduktenanlagen für Kraftwerke ist eine zeitgemäße und heutzutage weite Kreise der Industrie bewegende Aufgabe. Manche darüber in der Fachpresse angestellten Betrachtungen und Berechnungen sind phantastischer Art und schießen weit über das Ziel hinaus. Solche utopistische Vorstellungen, die unerfüllbar sind und geeignet, die ernsthafte Behandlung der Aufgabe in Mißkredit zu bringen, sind auf ihr richtiges Maß zurückgeführt worden durch eine im Anfang dieses Jahres in der Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure veröffentlichte kritische Untersuchung über die Wirtschaftlichkeit von Nebenproduktenanlagen für Kraftwerke von G. Klingenberg. Er verfolgt die Frage, ob und in welchem Umfange die Vergasung der Kohle und die Gewinnung der Nebenprodukte Aussicht auf Erfolg versprechen, rechnerisch auf Grund bestimmter variabler Annahmen und von Unterlagen, wie sie ihm, dem Direktor der A. E. G., als Betriebsergebnisse großer Werke zuverlässig zu Gebote stehen.

Aus der sehr gründlichen und interessanten Arbeit Klingenberg's möchte ich hier nur die eine Folgerung hervorheben, daß das wirtschaftliche Ergebnis außer von der Art der Kraftmaschine — ob Dampfturbine oder Gasmaschine — und von dem Ausnutzungsfaktor des zugehörigen Kraftwerkes hauptsächlich auch abhängig ist von Preis und Heizwert des Brennstoffes und von der Ausbeute und dem Preise der gewonnenen Nebenprodukte. Dies letztere interessiert uns hier besonders. Je niedriger der Wärmepreis des Brennstoffes und je höher die Nebenprodukteeinnahme, um so günstiger stellt sich für Kraftwerke die Generatoranlage mit Nebenproduktengewinnung gegenüber der direkten Verfeuerung der Braunkohle. Der Wärmepreis für die Braunkohle ist auf der Grube erheblich billiger als der der Steinkohle, die Nebenprodukteeinnahmen sind hingegen im

allgemeinen höher für Braunkohle. Vergrößert können sie noch werden, wenn der Ingenieur durch Verbesserung des Braunkohlengenerators die Menge und Güte des Teeres verbessert, und wenn der Chemiker für eine möglichst billige und gewinnbringende Verarbeitung dieses Teeres sorgt.

Dies ist im Auge zu behalten: Wenn wir aus der Braunkohle nur Heizöle herausziehen, so wird durch die für ihre Isolierung verbrauchte Wärmeenergie stets ein gut Teil der in der Braunkohle enthaltenen Gesamtkalorien verlorengehen, und die Qualitätsverbesserung des Heizstoffes, z. B. als Brennöl für den besonderen Zweck des Dieselmotors, muß schon sehr bedeutend sein, um den entstandenen wirtschaftlichen Verlust durch die Wärmepreissteigerung auszugleichen.

Vor allen Dingen soll das Streben also dahin gehen, aus der Braunkohle nicht nur andere Heizstoffe zu gewinnen, sondern die im Preise hochstehenden Teerbestandteile, wie das Paraffin und das Schmieröl, mit möglichst vollständiger Ausbeute und ohne Zersetzung herauszuarbeiten.

Es würde mich freuen, wenn mein Vorschlag in dieser Richtung einen Fortschritt darstellte.

Neues über die Entstehung der deutschen Kalisalzlager¹⁾.

Von Prof. Dr. Jänecke.

Meine Herren! Es besteht wohl keine Meinungsverschiedenheit mehr darüber, daß die deutschen Kalilager entstanden sind durch Verdunsten eines großen, allseitig geschlossenen Meeres. Dieses erstreckte sich zur Zeit des Zechsteins über Nordwestrußland, Mittel- und Norddeutschland, Teile Englands, sowie der Nord- und Ostsee. In dieser großen Salzpflanze verdunstete das Wasser, und entsprechend der Löslichkeit und der Zusammensetzung schieden sich nacheinander die verschiedenen Salze aus. Zuletzt, als das Meeresbecken bereits stark zusammengeschrumpft war, kamen die Kalisalze zur Ausscheidung. Sie finden sich daher auch nur in einem kleinen Teile der ursprünglichen großen Salzpflanze, im wesentlichen in Mittel- und Norddeutschland. Ich möchte nun heute die chemische Seite des Problems der Salzbildung etwas näher auseinandersetzen und zeigen, daß die Theorie in vollster Uebereinstimmung mit den tatsächlichen geologischen Befunden steht.

Wegen der großen Anzahl der aus dem Meerwasser sich bildenden Salze ist es wohl kaum möglich, das Verhalten anders vollkommen zu verstehen, als wenn man sich in weitem Maße zeichnerischer Methoden bedient. Die aus dem Meerwasser sich bildenden Salze lassen sich nach einer bekannten Darstellungsart sämtlich durch ein reguläres Dreieck veranschaulichen. Dieses Dreieck (Abb. 2) enthält in den Ecken die Salze $MgCl_2$, Na_2SO_4 , K_2Cl_2 , und wenn man mit molekularen Mengen rechnet, lassen sich sämtliche Salzgemenge durch verschiedene Punkte dieses Dreiecks veranschaulichen, z. B. ist das Salzgemenge, das beim vollständigen Trocknen aus Meerwasser entsteht, durch den Punkt der Abb. 2 darstellbar, der mit Meerwasser bezeichnet ist. Ähnlich können andere Gemische oder auch Verbindungen durch Punkte veranschaulicht werden, wie dieses in der Abbildung z. B. durch die Punkte Kainit, Schönit, Astrakanit geschehen ist. Diese Punkte beziehen sich in dem Dreieck aber immer auf ein wasserfreies Gemenge oder die wasserfrei gedachten Salze. Um zu einem Löslichkeitsbilde der Salze zu kommen, muß man sich naturgemäß auf bestimmte Temperaturen beziehen. Man denkt sich einem jeden bestimmten Gemische, berechnet auf ein Gramm-

1) Vortrag, gehalten am 12. Oktober 1918 auf der Jahresversammlung in Halle.