

halten in Übereinstimmung mit dem Tabellenwert. Die höhere Zahl, die von Meyer und Winter erhalten worden war, war durch die Anwesenheit von Thor in dem benutzten Material verursacht worden.

Yttrium. Zwei Bestimmungen des Atomgewichts von Meyer und Wourine¹³⁾ gaben $Yt = 88,6$. Es wurde das Sulfatverfahren benutzt. Eg an und B alk e¹⁴⁾ fanden in einer vorläufigen Untersuchung über das Verhältnis zwischen Yttriumchlorid und Yttererde $Yt = 90,12$. Da ihre Untersuchung fortgesetzt wird, so wäre es unzweckmäßig, die bisherigen Ergebnisse als Grund für eine Änderung in der Tabelle zu benutzen. Der niedrigere der beiden erhaltenen Werte scheint der wahrscheinlichere zu sein.

Ruthenium. Vogt¹⁵⁾ fand durch Reduktion von Ruthendioxyd $Ru = 101,63$.

Palladium. Bestimmungen des Atomgewichts durch die Analyse des Pallad ammoniumchlorids sind von Shinn¹⁶⁾ gemacht worden. Er fand den Mittelwert $Pd = 106,709$, doch schwanken die einzelnen Bestimmungen in unbefriedigender Weise. Shinn nimmt an, daß das Chlorid weniger beständig ist als bisher angenommen wurde.

Radium. Aus Analysen von Radiumbromid fand Höngschmidt¹⁷⁾ $Ra = 225,97$ in Bestätigung seiner früheren Analysen des Chlorids. Die Abweichung zwischen diesem Wert und dem höheren, der von anderen Forschern erhalten wurde, ist noch nicht erklärt. Die Wahrscheinlichkeit liegt zugunsten der Bestimmung von Höngschmidt, aber eine Änderung in der Tabelle kann aufgeschoben werden, bis ein ausgiebigerer Nachweis gebracht worden ist.

Die umstehende Tabelle enthält keine Änderungen gegenüber der von 1913.

Gezeichnet

J. W. Clarke. W. Ostwald. P. E. Thorpe. G. Urbain.

Über die Gewinnung von Spiritus aus Holz¹⁾.

Von Ing. chem. RUDOLF VON DEMUTH.

(Eingeg. 27.10. 1918)

Geschichtliches.

1. Entwicklung und Gliederung des Verfahrens vom Jahre 1819—1900.

Obwohl eine Beschreibung der geschichtlichen Entwicklung der Erzeugung von Alkohol aus Cellulose und Holz bereits von Dr. Ing. Th. Koerner (1908) gebracht wurde,

¹³⁾ Z. anorg. Chem. 80, 7 (1913).

¹⁴⁾ J. Am. Chem. Soc. 35, 365 (1913).

¹⁵⁾ Sitzungsber. phys.-med. Soc. Erlangen 43, 268 (1911).

¹⁶⁾ J. Am. Chem. Soc. 34, 1448 (1912).

¹⁷⁾ Wiener Monatshefte 34, 283 (1912).

1) Unter ähnlichem Titel ist in der Z. f. Spiritus-Ind. vom 2. und 9./10. d. J. 485 und 489, der von Dr. Foth am 17./9. 1913 in der Fachgruppe für Gärungsschemie auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker in Breslau gehaltene Vortrag im Druck erschienen. Dieser Artikel ist wohl geeignet, das Interesse weiterer Kreise zu erregen.

Da ich im Juni dieses Jahres mit Dr. Foth in Berlin, im Institute für Gärungsgewerbe eine Unterredung hatte, die sich auf diesen Gegenstand bezog, so dürfte sein Artikel dadurch nicht unbeeinflußt geblieben sein. Zu dieser Annahme berechtigt mich die Tatsache, daß beide Abbildungen, die in seinem Artikel gebracht werden, im Juni Dr. Foth von mir übergeben wurden. Ich lege diesem Umstand kein besonderes Gewicht bei, bin aber genötigt, auch meiner Mitteilung mehrere Figuren beizufügen, darunter auch jene, die im Artikel des Dr. Foth sich vorfinden. Das erwähne ich nur deshalb, damit dem geehrten Leser beider Artikel die Wiedergabe gleicher Abbildungen nicht auffällig erscheine.

Ich wähle den jetzigen Zeitpunkt zu meiner Mitteilung, weil dem Vortrage in Breslau und dessen Veröffentlichung offenbar die Absicht zugrunde lag, die Aufmerksamkeit auf dieses Verfahren zu lenken.

Der Hauptbeweggrund zur Verfassung des vorliegenden Artikels liegt jedoch darin, daß ich während meiner zweijährigen Tätigkeit in leitender Stellung, in der von Dr. Foth besprochenen Fabrik in Georgetown (in Südkarolina, in den Vereinigten Staaten von Nordamerika) eine Reihe von Erfahrungen gesammelt habe, die ich der Mitteilung wert erachte.

so werde ich dennoch hier eine kurze Übersicht geben, um auch jenen, die dem in Rede stehenden Thema fernher stehenden, die Orientierung zu erleichtern.

Seitdem Bracanot (1819) erkannt hatte, daß sich Holzstoff durch Behandlung mit Säuren teilweise in Zucker umwandeln lasse, fehlte es nicht an Versuchen, die Erzeugung von Alkohol aus Holz, resp. aus Holzabfällen ökonomisch zu gestalten. Von den verschiedenen Forschern und Praktikern wurden die mannigfältigsten Wege eingeschlagen, diese Aufgabe zu lösen.

Bracanot behandelte Holz mit kalter Schwefelsäure von 91,5%. Beim Verdünnen und Erhitzen des Gemenges erhielt er eine Zuckerlösung.

Arnould (1854) verwandte auf 100 Teile Holz 110 Teile konzentrierte Schwefelsäure. Er gibt an, daß er von bestimmten Hölzern 80—90% des Holzes in Lösung gebracht habe.

Nachdem man bereits damals die industrielle Verwertung der Holzinversion im Auge hatte, wurde man auf die Nachteile aufmerksam, die sowohl die Kosten der großen Mengen Schwefelsäure, als auch die Schwierigkeiten der Abscheidung der Säure aus der verdünnten Zuckerlösung mit sich brachten.

Diesem Umstände ist es zuzuschreiben, daß Trubouillet (1854) versuchte, die konzentrierte Schwefelsäure der verzuckerten Holzlösung zur Zersetzung der Kalkseifen der Stearinkerzenfabrikation auszunutzen, (Koerner 1908) um die Kosten des Kalkfällungsverfahrens zu vermindern.

Payen arbeitete bei seinen Versuchen (1844) unter Anwendung von Druck.

Melsens berichtete bereits (1855) über Versuche, die er mit Schwefelsäure von 3—5% unter Druck bei 180° anstellte.

Obwohl in der Zeit von 1819 bis zu Simonsen (1894 bis 1898) von vielen über Hydrolyse der Cellulose und des Holzes gearbeitet wurde, so war dennoch die damalige Literatur über diesen Gegenstand sehr lückenhaft.

Pelouze gründete im Jahre 1855 in Paris eine Fabrik zur Bereitung von Alkohol aus Holz, und, wie Varrétrapp (1866) berichtet, sollte eine ähnliche Fabrikation auch in Genf versucht werden. Es ist daher anzunehmen, daß systematische Untersuchungen über die Hydrolyse zwar gemacht, aber geheim gehalten wurden. Da entsprechende Hochdruckapparate für den Fabrikationsbetrieb damals noch nicht angefertigt wurden, so ist es wahrscheinlich, daß bei diesem Verfahren konzentrierte Säure zur Verwendung kam. Der Betrieb der Fabrik in Paris wurde nicht lange aufrecht erhalten, und ob es in Genf überhaupt zur Ausführung des Projektes kam, ist mir unbekannt.

Nachdem sich Payen (1844—1859) anfänglich mit der Inversion des Holzes durch Säuren unter Druck befaßt hatte, machte er im Jahre 1867 die ersten Versuche, um die Abfallaugen der Holzstofffabriken zur Alkoholgewinnung zu verwerten.

Um die Cellulose des Holzes zwecks Alkoholgewinnung in vergärbare Zuckerarten überzuführen, studierten Lindsey und Tollen (1892) und auch Mathäus (1893) die Einwirkungen von Säuren unter Druck. Auch aus Torf bemühte man sich, Alkohol darzustellen. (Mathäus 1902—1903.) Ich will gleich hier erwähnen, daß eine nutzbringende Verwertung des Torfes in dieser Richtung selbst in neuester Zeit nicht gelang.

Einen bedeutenden Fortschritt brachte das Verfahren von Simonsen (1894—1898). Er unterwarf sowohl Cellulose, als auch Holzspäne der Einwirkung von verdünnten Säuren unter Anwendung hohen Druckes. Nach einer Reihe von Versuchen über die Konzentration der Säure, den Druck und die Einwirkungsdauer, kam er zu dem Ergebnis, daß aus 100 Teilen Sägespänen mit 15% Wassergehalt bei 9 Atm. bei einer viertelstündigen Einwirkungsdauer der 0,5%igen Schwefelsäure eine Ausbeute von 22,5 Teilen Zucker erhalten werden. Bezogen auf Holztrockensubstanz erhielt Simonsen demzufolge 26,5% Zucker. Der Zucker wurde mit Fehlingscher Lösung bestimmt.

Bei der Vergärung der Zuckerlösungen im Laboratorium

erhielt S im o n s e n , berechnet auf 100 kg lufttrockene Holzspäne (mit 15% Wassergehalt) 6,5 l absoluten Alkohol, dies entspricht 7,6 l absoluten Alkohols pro 100 kg Holztrockensubstanz.

Bei späteren, in größerem Maßstabe angestellten Versuchen, bei welchen 100 kg Späne mit 20% Wassergehalt verarbeitet wurden, erzielte S im o n s e n 7,2 l absoluten Alkohol. Demzufolge war die Maximalausbeute S im o n s e n s aus 100 kg Holztrockensubstanz 9,0 l absoluter Alkohol.

Einige seinem Verfahren anhaftende Mängel, die später besprochen werden sollen, waren die Ursache, daß sein Verfahren keine industrielle Verwertung fand.

Jedenfalls gebürt S im o n s e n das Verdienst, nicht nur durch seine mustergültig ausgeführten Versuche, sondern auch durch die rückhaltlose Veröffentlichung der von ihm gemachten Beobachtungen und Erfahrungen, in hervorragender Weise zur Förderung der Alkoholerzeugung aus Holz beigetragen zu haben.

Im Jahre 1899 und 1900 trat Prof. A lex a n d e r C l a s s e n mit einer Reihe von Patenten hervor, welche die Verzuckerung des Holzes zum Gegenstande hatten. Obwohl er verschiedene Methoden angab, glaubte er besonders durch die Anwendung von schwefliger Säure eine Erhöhung der Ausbeuten an Zucker, resp. Alkohol erzielen zu können.

Den Versuchen, die von C l a s s e n in Aachen ausgeführt wurden, wohnten auch die Amerikaner T o m l i n s o n und E w e n bei.

2. Weitere Entwicklung seit 1900 bis jetzt.

In diesem Zeitabschnitte kann man drei Richtungen unterscheiden, nach welchen Verbesserungen angestrebt wurden.

1. Überführung der Cellulose in Zucker unter Anwendung von Druck und verdünnten Säuren, mit oder ohne Zusatz anderer Agenzien.

In diese Gruppe fällt das Verfahren von G e n t z e n und R o t h (1901). Diese traten im Jahre 1901 mit einem Patente hervor, das durch die Anwendung von Ozon unter Druck gekennzeichnet ist. Nach den Angaben der Patentinhaber sollen aus 100 kg Holz bis zu 40 kg Dextrose erzielbar sein. K o e r n e r (1908), der in dieser Richtung Versuche anstellt, konnte die Richtigkeit dieser Angaben nicht bestätigen, er gelangte vielmehr zu dem Resultate, daß die Menge des gebildeten Zuckers um so geringer ist, je mehr Ozon in den Prozeß eingeführt wird.

Von günstigem Einflusse auf die Ausbeuten ist hingegen die Verwendung von Wasserstoffsuperoxyd (K o e r n e r).

Durch Anwendung von verdünnter Flußsäure sollen nach O r l o w s k y (1910) 40% Zucker aus Holz zu gewinnen sein.

2. Die zweite Richtung befaßt sich mit der Verwertung der Abfallaugen der Sulfitcellulosefabrikation.

Wie bereits erwähnt, gab P a y e n (1867) hierzu den Anstoß. Bei den großen Mengen der Abfallaugen wurden dieselben für manche Cellulosefabriken infolge der Verunreinigung der Wasserläufe eine Calamität. W a l l i n (1907) und E c k s t r ö m (1909) befaßten sich in neuester Zeit erfolgreich mit der Erzeugung von Alkohol aus diesen Abfallaugen. Die von ihnen angewandten Verfahren wurden von S c h w a l b e (1910) und K i b y (1910) besprochen. Gegenwärtig werden in Schweden nahezu 10% des gesamten dort erzeugten Alkohols aus Sulfitablaugen gewonnen.

3. Die Entwicklung des amerikanischen Verfahrens.

T o m l i n s o n , der in Aachen bei C l a s s e n gearbeitet hatte, setzte seine Studien in einer Versuchsanlage bei C h i c a g o fort. Anfänglich arbeitete er wie C l a s s e n mit schwefliger Säure. Da jedoch die Durchschnittsausbeuten nicht befriedigten, und auch die Verwendung der flüchtigen schwefligen Säure im Betriebe Schwierigkeiten und erhebliche Unkosten mit sich brachte, gab er dieses Verfahren auf und verwendete seit dem Jahre 1909 ausschließlich verdünnte Schwefelsäure. Ich will gleich hier

bemerken, daß in der im Jahre 1910 in Georgetown errichteten Fabrik nicht zu Beginn, wie Dr. F o t h angibt, mit schwefliger Säure gearbeitet wurde. Diese Arbeitsweise war bei der in Georgetown bestehenden Einrichtung überhaupt nicht möglich.

Eingehendere Angaben über die geschichtliche Entwicklung des amerikanischen Verfahrens bis zur Errichtung der Fabrik in Georgetown finden sich bei R u t t a n (1909). Er erwähnt die Versuche T o m l i n s o n s und E w e n s in Highland Park bei Chicago und beschreibt die Errichtung und Arbeitsweise der Fabrik in Hattisburg, Miss., sowie die weiteren Versuche, die in der Anlage in Chicago Heights ausgeführt wurden.

Im Jahre 1910 begannen E w e n und T o m l i n s o n für die „Du Pont de Nemours Powder Co.“, deren Sitz in Wilmington Del. ist, mit der Errichtung der Anlage in Georgetown und leiteten im Herbst 1910 den Betrieb ein. Nachdem es ihnen gelungen war, die Rentabilität des Verfahrens im Laufe einiger Monate nachzuweisen, übernahm die „Du Pont de Nemours Powder Co.“ endgültig die Anlage und eröffnete im Februar 1911 den regelmäßigen Betrieb derselben.

Im Jahre 1912 endlich wurde auch nach den Angaben E w e n s und T o m l i n s o n s mit dem Baue einer zweiten derartigen Fabrik in Fullertown, Miss. begonnen. Damals teilte mir T o m l i n s o n in Georgetown gesprächsweise mit, daß er hoffe, im Frühjahr 1913 mit dem regelmäßigen Betriebe der Anlage, deren Tagesproduktion ca. 100 Hektoliter Alkohol betragen soll, zu beginnen.

Kritik der einzelnen Verfahren.

Die Verfahren, welche die Erzeugung von Zucker, resp. Alkohol aus Holz zum Gegenstand haben, sind demnach folgende:

1. Hydrolyse des Holzes mit konzentrierten Säuren.

Obwohl die Ausbeuten an Zucker am größten sind, und die Cellulose nahezu quantitativ hydrolysiert wird, so konnten sich dennoch diese Methoden in die Praxis keinen Eingang verschaffen. In erster Linie ist der Preis der in Betracht kommenden Säuren zu hoch, da große Mengen erforderlich sind, und dann ist die darauffolgende Entfernung der in den Zuckerlösungen enthaltenen Säuren ebenfalls kostspielig.

2. Hydrolyse des Holzes unter Anwendung von Druck.

Bei dieser hat sich in der Praxis nur die Verwendung von Schwefelsäure bewährt.

Die Verwendung von schwefliger Säure nach C l a s s e n führte bei Versuchen im Fabriksbetriebe zu unbefriedigenden Ergebnissen. Die Ursache liegt in den Schwierigkeiten und Verlusten des Arbeitens mit der flüchtigen schwefligen Säure. In Amerika wird daher heute überhaupt nicht mehr nach den Patenten C l a s s e n s gearbeitet.

Auch Th. K o e r n e r behandelte im Jahre 1908 Sägespäne nach den Angaben von C l a s s e n mit schwefliger Säure und konnte aus 100 g Sägespänen nur 5,52 g Alkohol erhalten. K o e r n e r sagt: „Hieraus geht hervor, daß eine Vorbehandlung mit schwefliger Säure die Ausbeute an Alkohol nicht vermehrt, eher verringert, da ohne Zusatz von schwefliger Säure 6,02 g Alkohol erhalten wurden.“

Was nun die Verwendung von verdünnter Schwefelsäure anbelangt, so erzielte bereits S im o n s e n beträchtliche Ausbeuten. Wie bereits erwähnt, gelang es ihm trotzdem nicht, seinem Verfahren industrielle Verwertung zu verschaffen. Die Ursache dieser Erscheinung, daß ein Mann, der das Problem der Rentabilität des Verfahrens für industrielle Zwecke nahezu vollständig gelöst hatte, doch nicht zum Ziele gelangte, lag hauptsächlich in der Verwendung allzu großer Wassermengen. S im o n s e n erzielte in den günstigsten Fällen vergorene Maischen mit einem Gehalte von kaum 2% Alkohol.

Durch die Zweckmäßigkeit der neuen amerikanischen „Digestoren“ (rotierende Kochapparate) wird es ermöglicht, die Säure- und Wassermengen bedeutend zu reduzieren, was von der größten ökonomischen Bedeutung ist. Trotzdem ist die Verzuckerung ebenso hoch wie bei S im o n s e n .

Auf Grund dieser Verbesserungen konnte das Verfahren in Amerika für den Großbetrieb eingerichtet werden.

3. Es erübrigt noch das schwedische Verfahren der Herstellung von Spiritus aus den Abfallaugen der Sulfitecellulosefabriken. Eine ausführliche Darstellung über diese Methode der Alkoholgewinnung gibt Kiby (1910). Obwohl ich zu Kibys Anschauungen meine Bemerkungen zu machen hätte, behalte ich mir eine darauf bezügliche Mitteilung für spätere Zeit vor, da das Sulfitlaugeverfahren in keiner direkten Beziehung zu dem hier zu besprechenden amerikanischen Sägespäneverfahren steht. Hier sei nur bemerkt, daß bei diesem Verfahren der Gehalt an Alkohol in den vergorenen Maischen ein ungemein niedriger ist. Er beträgt 0,7%.

Beschreibung des amerikanischen Verfahrens.

Das Rohmaterial bei diesem Verfahren sind Sägespäne. Die verschiedenen Holzarten bestehen hauptsächlich aus Cellulose, Lignose und Wasser. Außerdem enthalten sie geringe Mengen organischer Verbindungen, von welchen Glykoside, Gummiarten, Pektine, Eiweißstoffe, Harze, Xylan und organische Salze erwähnt sein mögen. Sieht man vom Wassergehalte und von den anderen, nur in geringen Mengen anwesenden Stoffen ab, so stellt sich nach Bestimmungen zuverlässiger Forscher das Verhältnis zwischen Lignose und Cellulose für verschiedene Holzarten wie folgt:

	Cellulose ($C_6H_{10}O_5$) _n	Lignose ($C_{10}H_{12}O_{10}$) _n
Eiche (Quercus)	45,9	54,1
Erle (Alnus)	48,0	52,0
Weißbuche (Carpinus)	48,4	51,6
Akazie (Acacia)	52,9	47,1
Nadelholz (Pinus)	58,1	41,9

Aus oben angeführter Tabelle ist ersichtlich, daß der höchste Prozentsatz an Cellulose sich im Nadelholz findet. Tatsächlich hat sich auch ergeben, daß bei der Hydrolyse mit Säuren aus diesem Holz die höchsten Ausbeuten an Zucker erhalten werden. Das ist eine Bestätigung der bereits von Simonsen vertretenen Anschauung, daß der aus dem Holze gebildete Zucker seinen Ursprung der Cellulose und nicht dem Lignin verdankt.

In Georgetown gelangten die Nadelholzspäne von den umliegenden Sägewerken der „Atlantic Coast Lumber Co.“ zur Verarbeitung. Von den einzelnen Sägen wurden die Späne abgesaugt und von Ventilatoren in das Magazin der Alkoholanlage geblasen. Von hier wurden sie mittels eines Elevators auf ein Transportband gehoben und von diesem zu den vier Digestoren befördert.

Diese Kochapparate sind kugelförmige, rotierende Gefäße. Der Mantel besteht aus Stahlblech. Innen sind dieselben mit säurefesten Fäenziegeln ausgekleidet. Die Erhitzung des mit Spänen und Säure beschickten Kochers erfolgt durch direkte Dampfzufuhr. Die entsprechende Drucksteigerung und die Dauer der Einwirkung des Dampfes sind von ausschlaggebender Bedeutung für den schließlichen Zuckergehalt des hydrolysierten Holzes. Bei entsprechend rascher Arbeit findet eine Zersetzung des bereits gebildeten Zuckers nicht statt.

Es ist nicht möglich, die Gesamtmenge der Cellulose des Holzes in Zucker überzuführen. Es bildet sich nach kurzer Zeit unter der Einwirkung des Dampfdruckes, des gebildeten Zuckers, des vorhandenen Wassers, der Säure und der unveränderten Cellulose ein Gleichgewichtszustand. Bei längerer Einwirkung des Druckes beginnt die Zersetzung des bereits gebildeten Zuckers. Der Gleichgewichtszustand tritt bereits ein, wenn kaum die Hälfte der in den Spänen enthaltenen Cellulose in Zucker übergeführt ist. Es gelingt zwar, durch Änderungen in den Mengenverhältnissen der wirkenden Agenzen die Mengen des umgewandelten Zuckers etwas zu erhöhen, wodurch aber Umstände auftreten, die den Prozeß weniger ökonomisch erscheinen lassen.

Nach Beendigung der Digestion, die für jeden Kocher etwas über eine Stunde in Anspruch nimmt, wurde der Dampf anfänglich direkt abgeblasen, später auch teilweise zur Kondensation gebracht und aus dem Kondensate Terpentiniöl gewonnen.

Das hydrolysierte Holz enthält nach dem Ausblasen aus dem Digestor einen höheren Wassergehalt, als das Rohmaterial. Dieser Mehrgehalt an Wasser ist zu einem geringeren Teile veranlaßt durch den Zusatz der verdünnten Schwefelsäure, zu einem anderen, größeren Teile durch das vom Dampfe während der Digestion gebildete Kondensationswasser.

Das hydrolysierte Holz stellt eine bräunliche, den Spänen in der Struktur gleichende Masse dar. Es wird nach dem Ausblasen des Digestors und nach Entleeren desselben auf ein Transportierband gebracht und zur Diffusionsbatterie geführt. Diese Batterie ist analog jenen, die in Zuckerfabriken Verwendung finden.

Die ausgelagerten Späne werden ausgepreßt, dadurch der Wassergehalt reduziert und kommen als Feuerungsmaterial für Betriebszwecke in Verwendung. Die Beschaffung anderweitigen Brennmaterials ist nicht nötig.

Der Holzsaf ist in dem Zustand, in dem er die Diffusionsbatterie verläßt, zu sauer, um vergoren werden zu können. In alternierend arbeitenden Neutralisationsbottichen wird er mit so viel Ätzkalk versetzt, daß sein Säuregehalt nunmehr den Anforderungen im Gärhause entspricht. Nach Zusatz des Kalkes wird der Holzsaf in Bottichen geklärt.

Die Vergärung des Holzsafes wird mit kontinuierlich in der Fabrik erzeugter Hefe vorgenommen. Zur Bereitung der Hefemaische wird Roggen und Malz verwendet. Die reife Hefe gelangt in eine gekühlte Abkochung von Malzkeimlingen in Holzsaf. Nachdem sie neuerdings gekeimt, wird die Hauptmenge des Holzsafes in den Gär-bottichen mit ihr angesetzt. Der vergorene Holzsaf wird, wie jede vergorene Maische, der Destillation unterworfen.

Das oben beschriebene Verfahren bringe ich in der von mir angefertigten Skizze (Fig. 1) zur schematischen Darstellung. In diesem Schema sind, ohne Berücksichtigung der räumlichen Anordnung in einer Fabrik, die wichtigsten Vorgänge beim amerikanischen Verfahren übersichtlich zur Darstellung gebracht. (Siehe Fig. 1.)

Die Gesamtansicht der Anlage in Georgetown ist aus Fig. 2 und Fig. 3 ersichtlich.

Im Sommer 1911 wurde ein nach meinen Angaben eingerichtetes Laboratorium und ein Verwaltungsgebäude errichtet. Auf den Figuren 2 und 3 ist das Laboratoriums- und Verwaltungsgebäude nicht ersichtlich, da die photographischen Aufnahmen zu einer Zeit erfolgten, zu welcher dieses Gebäude noch nicht bestand. Dies sei hier erwähnt, weil in diesem Punkte und auch bei der Bezeichnung anderer Baulichkeiten die Angaben des Dr. Foth nicht zutreffen.

Der gewonnene Alkohol wird von der „Du Pont de Nemours Powder Co.“ in eigener Regie verwendet. Diese Firma erzeugt in Amerika über 50% der Gesamtproduktion an rauchlosem Pulver, zu dessen Herstellung große Mengen Alkohol benötigt werden. Der gesamte, in Georgetown erzeugte Alkohol gelangt in die Pulverfabrik nach Carnegy Point. Seine Qualität entspricht daher allen Anforderungen, die für diese Verwendungsart von den amerikanischen Behörden gestellt werden.

Ein Gutachten über die Qualität des nach dem amerikanischen Verfahren aus Holz erzeugten Alkohols gibt das Institut für Gärungsgewerbe in Berlin. Aus dem bereits erwähnten Vortrage des Dr. Foth bringe ich die diesbezügliche Stelle zur wörtlichen Wiedergabe:

„Was die Beschaffenheit des aus Holz hergestellten Spiritus anbetrifft, so hat die im Institut für Gärungsgewerbe zu Berlin ausgeführte Untersuchung zweier mir von der „Du Pont de Nemours Powder Co.“ eingesandter Proben — das eine war Rohspiritus, das andere rektifizierter Spiritus — ein durchaus günstiges Ergebnis geliefert. Wie Sie selbst durch den Geruch feststellen werden²⁾, läßt sich die Herkunft des Rohspiritus schon durch den Geruch wahrnehmen, doch ist davon in dem rektifizierten Sprit nichts mehr zu spüren. Die genauere Untersuchung der Spiritus-

²⁾ Es werden hierbei a) eine Probe Rohspiritus, b) eine Probe rektifizierter Spiritus mit einem Gehalte von 96,3 Vol.-% Alkohol, c) eine Probe des auf 30 Vol.-% Alkohol verd. Sprits herumgereicht.

proben ergab, daß der Rohspiritus 0,5 Gew.-Proc. Fuselöl, aber nur geringe Spuren von Methylalkohol und kein Aceton enthielt. Der rektifizierte Sprit ist zwar deutschem, feinstem Primasprit nicht ebenbürtig, aber doch von guter Beschaffenheit, er enthält nur Spuren von Fuselöl und Ester und sehr wenig Säure.“

Bei der Fabrikation ergeben sich folgende Neben- und Abfallprodukte.

Terpentinöl, in geringen Mengen, ca. 0,2—0,3 kg per 1000 kg Holztrockensubstanz.

Zur Zeit der Errichtung der Fabrik in Georgetown war das Studium der Hydrolyse des Holzes weiter vorgeschritten, als das Studium des gärungstechnischen Teiles des Verfahrens. Dies hatte zur Folge, daß sich die Einrichtung der Gär-anlage nach kurzer Zeit als nicht zweckentsprechend erwies.

Manches konnte gebessert werden, ohne eingreifende Installationsänderungen vornehmen zu müssen. Nichtsdestoweniger ist die Gärانlage der wunde Punkt der Fabrik in Georgetown. Von welchem Einflusse dies auf die Ausbeuten ist, werde ich Gelegenheit haben, zu erwähnen.

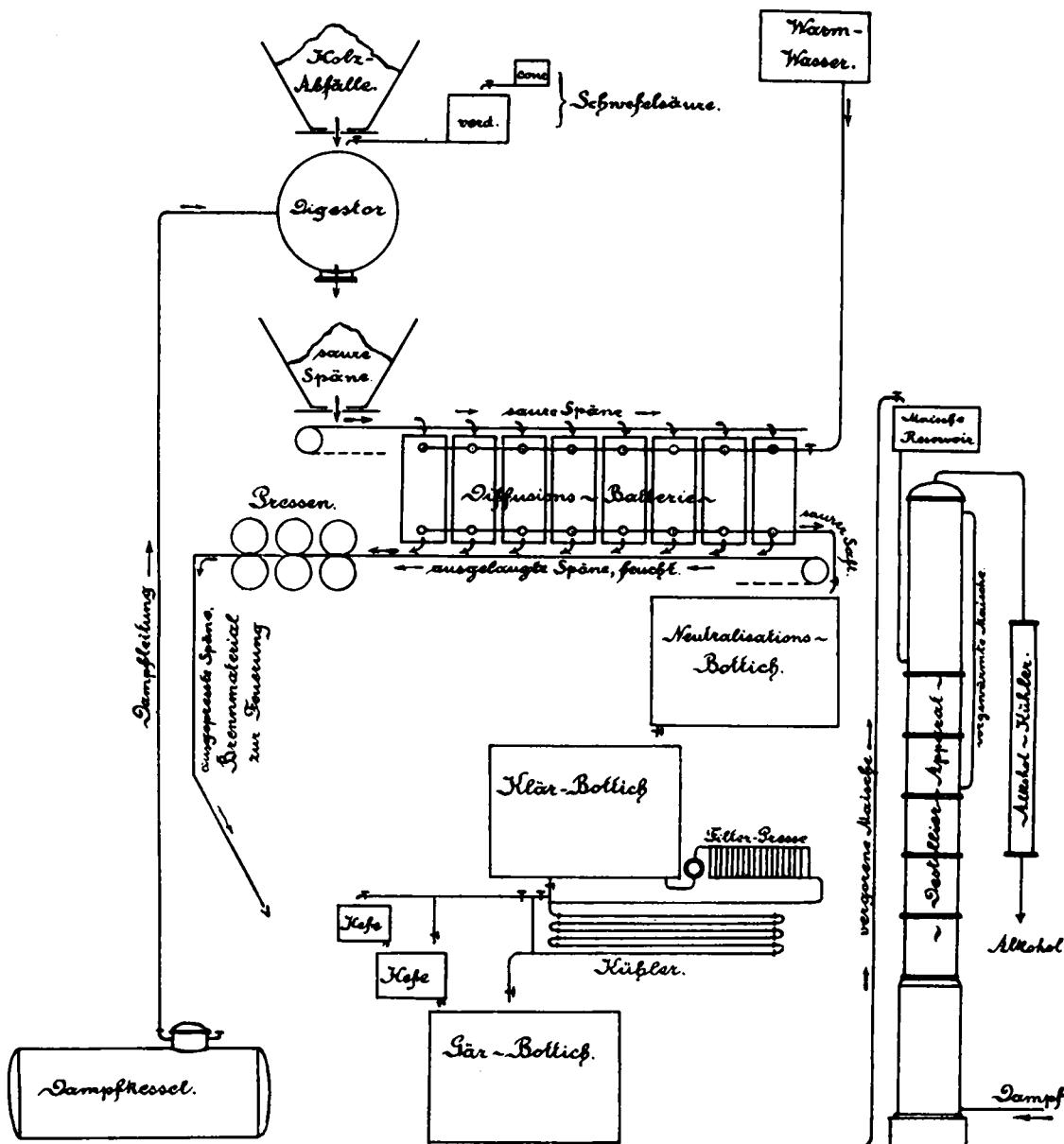


Fig. 1.

Schwefelsaurer Kalk, von der Klärung des neutralisierten Holzsätes.

Rückstände von Roggen, Malz, Malzkeimlingen und Hefe aus der vergorenen Maische, mit einem Gehalt von 3,5% Stickstoff.

Fuselöl.

F a s c i n .
S c h l e m p e .

Die Ausbeuten beim amerikanischen Verfahren.

Wenn ich über die Ausbeuten eingehender spreche, so geschieht dies, um dem geehrten Leser eine Beurteilung des amerikanischen Verfahrens zu ermöglichen. Es ist daher notwendig, zu wissen, welche Momente für den Betrieb der Anlage in Georgetown von Bedeutung waren.

Ein weiterer Umstand, der ebenfalls die Ausbeuten an Alkohol ungünstig beeinflußt, ist der, daß die amerikanische Regierung (Departement of internal Revenue) für den neuen Betrieb Vorschriften herausgab, die sich in unangenehmer Weise fühlbar machen. Ein besonderer Nachteil liegt in der Vorschrift, daß nur eine bestimmte Maximalmenge an Malz, Roggen und Malzkeimlingen pro Gärbottich zugesetzt werden darf. Diese Maximalmenge ist, wie ich an der Hand eingehender Untersuchungen nachwies, eine zu geringe, um der Hefe genügende Nährstoffe zuzuführen. Daher findet keine vollständige Vergärung des im Holzsaft enthaltenen gärungsfähigen Zuckers statt.

Im Interesse dieser neuen Industrie wäre es nur zu wünschen, daß es der „Du Poht de Nemours Powder Co.“

gelingen möge, die amerikanische Regierung zu einer entsprechenden Änderung dieser Vorschrift zu bewegen.

Ferner wurde die Fabrikation in Georgetown durch das in Süddcarolina herrschende Klima beeinflußt. George-

Verwendung fand, eine Temperatur von 32° C. Dieses Wasser mußte zum Kühlen der Maische, sowie in den Kühlslängen der Hefebottiche und beim Destillierapparate verwendet werden. Die Fabrik ist nicht mit einer Kälteerzeugungs-



Fig. 2.
(B. nur auf der Nordseite zu sehen.) Ansicht der Fabrik (Nordseite) nach einer Aufnahme aus dem Jahre 1910.



Fig. 3.
(K. nur auf der Südseite zu sehen.) Ansicht der Fabrik (Südseite). Originalaufnahme des Autors Januar 1911.

Erläuterung der Buchstabenbezeichnungen von Fig. 2 und 3.

A Digestionsgebäude und Maschinenhaus. B Diffusion und Klärbottiche. C Gärraum. D Vorratsraum für Holzspäne. E Alkoholmagazin und Inspektion. (Finanzkontrolle.) G Verbrennungsöfen der Sägewerke, seit 1910 außer Betrieb. In diesem Ofen wurden die Holzabfälle, die jetzt zur Alkoholerzeugung dienen, verbrannt. H Sägewerk der Atlantic Coast Lumber Co. K Kesselhaus der Alkoholanlage. R Destillations- und Rektifikationsgebäude. S Elevator zur Zufuhr der Späne vom Vorratsraum zum Digestionsgebäude.

town liegt an der atlantischen Küste von Nordamerika am 32. Breitengrade, also ungefähr in der Breite von Alexandria. Im Sommer sind in Georgetown Temperaturen von 41° C. im Schatten keine Seltenheit.

Im Juni 1911 hatte das Wasser, welches in der Fabrik

anlage ausgerüstet. Eis konnte nur in ganz unzureichenden Mengen beschafft werden. Dieser Übelstand war verderblich für die Hefe und hatte einen Rückgang in den Ausbeuten zur Folge, den ich mit Zahlen belegen will. Die nötigen Daten entnehme ich der von mir dem Verfahren angepaßten Be-

triebskontrolle, die in Georgetown zur Einführung gelangte.

Im April 1911, bei normaler Witterung, wurden per Gärbottich 2449,1 l 100%iger Alkohol erzeugt. Täglich wurden zwei Gärbottiche verarbeitet. Die angegebenen Durchschnittszahlen beziehen sich daher auf ca. 50 Bottiche.

Im Mai setzte gegen Ende des Monats wärmere Witterung ein. Durchschnittlich wurden per Bottich 2136,8 l Alkohol (100%ig) erzeugt. Dies war ein Rückgang der Ausbeuten von 312,3 l Alkohol per Bottich.

Bereits damals wurden auf meine Anregung Bohrungen gemacht, um der Fabrik kühleres Grundwasser zuzuführen. Erst im Juni konnte auf diese Art gewonnenes Wasser von 26°, in nicht vollständig hinreichenden Mengen, als Kühlwasser verwendet werden. In der Zwischenzeit gestalteten sich die Ausbeuten zu Beginn des Monats Juni immer ungünstiger. Mitte Juni wurden per Bottich kaum 1000 l Alkohol erzeugt. Die Wirkung des Kühlwassers machte sich jedoch rasch bemerkbar, und Ende Juni hatte man wieder Ausbeuten zu verzeichnen, die zwar noch immer niedrig waren, aber dennoch den Monatsdurchschnitt auf 1594,8 l Alkohol (100%ig) per Bottich brachten.

Im Juni wurden daher um 854,3 l Alkohol per Bottich weniger erzeugt, als im April desselben Jahres. Dies entspricht einem Rückgang der Ausbeuten von über 35%. Dieses ungemein ungünstige Ergebnis fällt in keiner Weise dem Verfahren zur Last und ist nur auf das in Georgetown herrschende Klima zurückzuführen, da mit Ausnahme der Gärungen alle anderen Operationen normal verliefen.

Im Juli und August 1911 waren die Ausbeuten per Bottich 2144,4 resp. 2181,1 l Alkohol (100%ig). In den Herbst- und Wintermonaten stiegen sie zur normalen Höhe an.

Hiermit wurde auf einige der wichtigsten Momente, die auf die Ausbeuten der Fabrik in Georgetown von ungünstigem Einflusse sind, aufmerksam gemacht.

Die Ausbeuten an Alkohol, bezogen auf 100 kg Holztrockensubstanz, stellten sich unter den oben beschriebenen Verhältnissen für diese Fabrik folgendermaßen dar:

1. Der Jahresdurchschnitt für das Betriebsjahr 1911 ergab eine Ausbeute von 6,4 l Alkohol (100%ig) pro 100 kg Holztrockensubstanz.

Ein zutreffenderes Urteil, als auf Grund dieses Jahresdurchschnittes gewinnt man über das amerikanische Verfahren, wenn man die Sommermonate bei der Ausbeuteberechnung unberücksichtigt läßt.

2. In den Wintermonaten wurden 7,3 l Alkohol (100%ig) pro 100 kg Holztrockensubstanz erzielt. Diese Ausbeuten kommen jenen Simonsens ungefähr gleich, obwohl beim amerikanischen Verfahren mit geringeren Säure- und Wassermengen gearbeitet wird.

3. Endlich muß ich nochmals darauf hinweisen, daß in Amerika die Menge an Hefenährstoffen per Gärbottich durch eine Vorschrift begrenzt ist.

Diese Grenze bleibt weit hinter der Menge und Zusammensetzung der optimalen Menge an Hefenährstoffen zurück. Darüber habe ich im Jahre 1911/12 eine Reihe von Versuchen angestellt, deren wesentliche methodische Durchführung jedem bakteriologisch gebildeten Fachmannen bekannt ist, weshalb ich hier nicht näher darauf eingehen. Diese Untersuchungen waren allerdings mit streng wissenschaftlichen Methoden durchgeführt, hatten aber nur die Erhöhung der Ausbeuten bei maximaler Rentabilität zum Ziel. Das durch diese Versuche gewonnene Material ist zu umfangreich, um dasselbe hier mitzuteilen. Ich wäre aber gern bereit, auch darüber gelegentlich zu berichten.

Als Hauptergebnis führe ich an, daß die in Georgetown dem Holzsaft zugesetzten Hefenährstoffe zu geringe sind. Es folgt daraus, daß diese Tatsache insbesondere dann von Interesse ist, wenn eine behördliche Einschränkung der Menge von Hefenährmitteln nicht erfolgt. Letzteres ist meines Wissens gegenwärtig nur in den Vereinigten Staaten von Nordamerika der Fall.

Je nach der Arbeitsweise, ob mit Fabrikhefe oder mit Reinhefe gearbeitet wurde, zeigte sich, daß die Verwendung von Reinhefen die Ausbeuten erhöhte. Von größerem Einflusse auf die Ausbeuten war jedoch die Vermehrung an

Hefenährstoffen. Eine verhältnismäßig geringe Vermehrung an Hefenährstoffen hatte eine beträchtliche Vermehrung der Ausbeuten zur Folge.

Für die Anlage in Georgetown ergaben sich nach meinen Versuchen als günstigste Ausbeuten bei besserer Hefenährung 9,5 l Alkohol (100%ig) per 100 kg Holztrockensubstanz.

Den Angaben des Dr. F o t h in bezug auf die in Georgetown erzielten Ausbeuten kann ich nicht beipflichten. In Georgetown wurden die in die Fabrik gelangenden Holzmengen nicht gewogen. Zur Berechnung der verarbeiteten Holzmengen sind Daten erforderlich, die nur den Rapporten der Betriebskontrolle entnommen werden können. Dr. F o t h standen allem Anschein nach die erforderlichen Belege nicht zur Verfügung, als er seine Berechnungen anstellt. Die von ihm mitgeteilten Daten, denen die Ausbeute von 5,3 l Alkohol (100%ig) per 100 kg Holztrockensubstanz entsprechen soll, sind teilweise unzutreffend und auch unzureichend, um eine einwandfreie Berechnung der Ausbeuten zu ermöglichen. Dazu ist erforderlich: die Alkoholausbeute, das genaue Volumen der vergorenen Maische, das Volumen des Hefezusatzes, der Trockensubstanzgehalt der Maische vor der Gärung, der Gehalt des hydrolysierten Holzes an löslichen Bestandteilen, sowie Korrekturen für Temperatur usw.

Im Jahre 1911 wurden seit Eröffnung des Betriebes mit Ausnahme weniger Tage täglich zwei Bottiche verarbeitet. Pro Bottich werden im Durchschnitt ca. 2300 l 100%iger Alkohol erzeugt. Seit 1912 wird mit drei Bottichen täglich gearbeitet. Die gegenwärtige Jahresproduktion der Anlage in Georgetown ist somit rund 2 Millionen Liter 100%iger Alkohol. Ich würde daher die Produktionsstätte in Georgetown, die seit Eröffnung des regelmäßigen Betriebes vom Februar 1911 bis heute rund 5 Millionen Liter 100%igen Alkohol erzeugt hat, nicht als Versuchsanlage, sondern als Fabrik bezeichnen, mit einer Leistungsfähigkeit, die jene der meisten europäischen Brennereien bedeutend übertrifft.

Ich habe mich bemüht, eine kurze Beschreibung des amerikanischen Verfahrens zu geben. Die bei demselben erzielten und erzielbaren Ausbeuten wurden besprochen. In Europa habe ich mich über die Verhältnisse informiert, die für die Verwertung des Verfahrens maßgebend erscheinen, und bin zu dem Schluß gekommen, daß bei dem hier herrschenden günstigsten Klima die Alkoholerzeugung aus Sägespänen die gewinnbringendste Verwertungsart dieser Holzabfälle darstellt.

In Deutschland allerdings sind die bestehenden Branntweinsteuergesetze derartige, daß eine Einführung jenes Verfahrens in diesem Lande derzeit kaum möglich ist.

Berücksichtigt man jedoch in Europa nur holzreiche Länder, in welchen ähnliche Gesetze nicht bestehen, so ergibt sich, daß das amerikanische Verfahren geeignet ist, mit den bisherigen Erzeugungsmethoden des Alkohols mit Erfolg zu konkurrieren.

Auch volkswirtschaftlich bezeichnet die Spirituserzeugung aus Holz einen großen Fortschritt. Durch die Verwendung des Holzes zur Alkoholproduktion bleiben dem Nationalreichtum Nährwerte erhalten, die verloren gehen, wenn die Stärke von Nahrungsmitteln bei der Alkoholerzeugung zur Hälfte in Alkohol umgewandelt wird, zur andern Hälfte aber als Kohlensäure verloren geht.

Literatur und Patente.

- H. Bracconnot, Gilberts Ann. der Physik 63, 348 (1819).
- H. Bracconnot, Ann. de Chimie et Phys. 12, 172 (1819).
- H. Bracconnot, Schweiggers Journ. 27, 328 (1819).
- H. Bracconnot, Dingl. Journ. 1, 312 (1820).
- Payen, Compt. rend. 18, 261 (1844).
- Payen, Compt. rend. 48, 210 (1859).
- Arnould, Dingl. Journ. 134, 219 (1854).
- Arnould, Compt. rend. 39, 807 (1854).
- Melsens, Génie industriel (1855).
- Pettenkofer, Bayer. Kunst- und Gewerbeblatt 1855, 136.
- Pelouze, Dingl. Journ. 150, 394 (1859).
- Varrentrapp, Dingl. Journ. 181, 233 (1866).
- Kühn, Aronstein und Schulze, Journ. f. Landwirtschaft 10, 304 (1862).
- Kern, J. Landwirtschaft 24, 29 (1876).
- Flechsig, Z. physiol. Chem. 7, 523 (1883).

- Höning und Schubert, Wiener Monatshefte **6**, 708 (1885).
 Höning und Schubert, Wiener Monatshefte **7**, 455 (1886).
 Melsens, Dingl. Journ. **273**, 426 (1889).
 Taub, Dingl. Journ. **273**, 276 (1889).
 Guignet, Compt. rend. **108**, 1258 (1889).
 Lindsey u. Tollens, Liebigs Ann. **267**, 314, 372 (1892).
 Winterstein, Z. physiol. Chem. **17**, 391 (1893).
 Matheus, Dingl. Journ. **287**, 91 (1893).
 Simonsen, D. R. P. 92 079 (1894).
 Simonsen, Angew. Chem. **11**, 195 u. 219 (1898).
 Classen, D. R. P. 118 868 (1899).
 Classen, D. R. P. 118 540 (1899).
 Classen, D. R. P. 118 542 (1900).
 Classen, D. R. P. 118 543 (1900).
 Classen, D. R. P. 118 544 (1900).
 Classen, D. R. P. 121 869 (1900).
 Classen, D. R. P. 123 911 (1900).
 Classen, Z. Ver. d. Rübenzucker-Ind. 1900, 589.
 Gentzen und Roth, D. R. P. 147 844a (1901).
 Fenton und Gostling, J. Chem. Soc. **79**, 361 (1911).
 Zimmer, Mitteil. d. landw. Inst. d. Kgl. Univ. Breslau **2**, 245, 247 (1902).
 Mathäus, Jahrb. d. Export Akad. d. K. K. österr. Handelsmuseums (1902/03).
 Gostling, J. Chem. Soc. **83**, 190 (1903).
 Stern, Proc. Chem. Soc. **20**, 43 (1904).
 Wislicenus, Neuere Fortschritte in der chemischen Verwertung der Walzerzeugnisse und des Torfes (1904).
 Rüdiger, Chemische Industr. **28**, 547 (1905).
 Schwalbe, Ber. **40**, 4523 (1907).
 Wallin, Schwedisches Patent 26 825 (1907).
 Koerner, Angew. Chem. **21**, 2353 (1908).
 Delbrück, Märkers Handbuch d. Spiritusfabrikation, 9. Aufl., S. 766 (1908).
 Ruttan, J. Chem. Soc. **28**, 1290 (1909).
 Ekström, Franz. Patent 402 331 (1909).
 Ekström, Österr. Patent 41 479 (1909).
 Ville und Mestrezat, Compt. rend. **150**, 783 (1910).
 Orlowsky, Franz. Patent 405 189 (1910).
 Segerfelt, Chem.-Ztg. Rep. 1910, 455.
 Schwalbe, Angew. Chem. **23**, 1537 (1910).
 Schwalbe, Wochenschr. f. Papierfabrikation **41**, 2354 (1910).
 Kiby, Chem.-Ztg. **34**, 1077 u. 1091 (1910).
 Börde, Chem. News 1910, 41.
 Zemplén, Fabol keszitett cukor es Alkohol (Zucker und Alkohol aus Holz), Budapest (1910).
 Voerkelius, Wochenschr. f. Papierfabrikation **41**, 852 (1911).
 Hirsch, J. Ind. Eng. Chem. **4**, 479 (1912).
 Tomlinson, U. S. A. Patent 1 032 392 (1912).
 Tomlinson, U. S. A. Patent 1 032 440 (1912).
 Tomlinson, U. S. A. Patent 1 032 443 (1912).
 Tomlinson, U. S. A. Patent 1 032 444 (1912).
 Tomlinson, U. S. A. Patent 1 032 446 (1912).
 Tomlinson, U. S. A. Patent 1 032 447 (1912).
 Tomlinson, U. S. A. Patent 1 032 448 (1912).
 Tomlinson, U. S. A. Patent 1 032 449 (1912).
 Tomlinson, U. S. A. Patent 1 032 450 (1912).
 Gallagher und Little, U. S. A. Patent 1 033 064 (1912).
 Foth, Z. f. Spiritus-Ind. **36**, Heft 39 u. 40 (1913).

[A. 236.]

Physikalische und chemische Eigenschaften der zur Holzkonservierung angewandten Teere und Teerderivate.

Von Dr. FRIEDRICH MOLL.

(Eingeg. 6/11. 1918.)

Durch trockene Destillation sehr verschiedener Stoffe erhält man dunkle, eigenartig riechende ölige Flüssigkeiten, welche als Teer, und zwar, je nach dem Ausgangsstoff, als Steinkohlenteer, Braunkohlenteer, Schiefer-, Buchen-, Birken-, Torftee usw. bezeichnet werden. Neben Wasser, Gasen und festen Teilen (suspendiertem Kohlenstoff) besteht die Hauptmasse jedes Teeres aus schwer- und leichtflüssigen Ölen. Die allerschwersten, bei gewöhnlicher Temperatur festen Öle bilden das Pech. Die schlechten Erfahrungen, die seit alters immer wieder mit Teeranstrichen gemacht worden sind, beruhen sicher auf dem Pech, da dieses das Holz mit einer undurchdringlichen, die Wasserausdunstung völlig hindernden Schicht überzieht, ohne andererseits irgendwelche konservierenden Eigenschaften zu be-

sitzen. Gewöhnlich wird das Pech aus den Teeren abgeschieden, und zur Imprägnierung werden nur die dünnflüssigen Anteile — das Teeröl — benutzt. Den Teeren stehen die Erdöle und die natürlich vorkommenden Asphalte nahe. Alle diese Stoffe sind Gemische einer großen Menge verschiedener Verbindungen. Eine für alle Fälle zutreffende Analyse zu geben, ist nicht möglich, da die Art und Menge der einzelnen Bestandteile, sowohl nach den Ausgangsmaterialien als auch nach der Durchführung der bei der Erzeugung und Reindarstellung angewandten Prozesse außerordentlich schwankt. Immerhin können für die einzelnen Teerarten doch gewisse Stoffe als charakteristisch angesehen werden. Neben diesen weisen die Fertigprodukte jedoch auch viele gemeinsame Bestandteile und ähnliche Züge in ihrem Verhalten auf. Die tabellarische Zusammenstellung S. 798 und 799 wird den Vergleich erleichtern.

Wenn man die einzelnen Gruppen durchgeht, so findet man, daß Naphthylene und nahestehende Kohlenwasserstoffe der Gruppe V und VI auf das Erdöl beschränkt sind. Die Alkohole, Aldehyde und Ketone der Fettsäurerreihe, die Essigsäure und Verwandte kommen mit wenigen Ausnahmen nur im Holztee vor. Benzole, Naphthalin, Anthracen, Paraffine und Phenol sind allen Klassen gemeinsam. Stickstoff- und Schwefelverbindungen finden sich, wenn man von einigen wenigen Petroleumsorten absieht, nur in den Mineralteeren.

Die Grundmasse wird beim Braunkohlenteer von den flüssigen und festen Gliedern der Paraffinreihe, beim Petroleum und Erdöl neben flüssigen Paraffinen von Naphthenen und anderen Kohlenwasserstoffen der allgemeinen Formel C_nH_{2n-y} gebildet.

Steinkohlenteer setzt sich vor allem aus Benzolen, Naphthalin und Anthracen zusammen. Für den Holztee sind die Alkohole, zweiwertige Phenole, Aceton, Essigsäure und andere sauerstoffhaltige Verbindungen charakteristisch.

Im allgemeinen hat die Imprägnierungstechnik mit folgenden Erzeugnissen zu tun.

A. Steinkohlenteer und Abkömmlinge.

a) Teer. Grünlich schimmernde, dunkle, in der Kälte dick werdende Flüssigkeit. Besteht bis zu 55% aus einem völlig indifferenten Pech, ferner 2—3% leichten Ölen (Benzol, Toluol), 3% Wasser und 35—40% mittleren und schweren Ölen.

Der Steinkohlenteer wird bei der Fabrikation von Gas oder von Hochofenkoks als Nebenprodukt gewonnen.

Das spez. Gewicht ist etwas höher als Wasser und liegt zwischen 1,1 und 1,2.

Die chemische Analyse gestattet, über 400 einzelne Verbindungen zu isolieren, von denen die in der Tabelle aufgeführten 100 in technisch bedeutender Menge vorkommen.

Die technische Analyse eines typischen Teeres (Berliner Gasanstalt) gibt etwa folgende Zahlen:

Benzin und Toluol usw.	0,8
Andere farblose leichte Öle	0,6
Krystallisiertes Phenol	0,2
Kresol	0,2
Naphthalin	3,6
Kreosotöl	24
Reines Anthracen	0,2
Pech	55,0
Wasser und Verluste	15,2

In jeder dieser Fraktionen sind immer noch Mengen der benachbarten vorhergehenden oder folgenden enthalten. Sie bilden also nicht scharf abgegrenzte Gruppen, daher auch die später zu gebende Zusammensetzung des Teeröles nur in den Mengenverhältnissen, nicht in der Art der vorkommenden Verbindungen abweicht.

Der hier kurzweg als Kreosot bezeichnete Teil ist allein zur Holzkonservierung geeignet. Die leichten Öle verdunsten sehr schnell aus dem Teer, Wasser hat keine antiseptische Wirkung, Pech schränkt die Wirksamkeit des Öles sehr ein oder hebt sie ganz auf. Von der Verwendung des Teeres als Holzimprägnierungsmittel ist man daher heute fast ganz abgekommen.