

also nahezu verdreifacht. Auch die Herstellung von Lithoponen, die bekanntlich große Mengen Schwefelbarium erfordert, hatte sich von 12500 Tonnen im Jahre 1910 auf 72500 Tonnen im Jahre 1919 gehoben, also fast versechsfacht.

Auch Natriumnitrit wird infolge der Anforderungen der amerikanischen Farbenfabriken und Färbereien jetzt von zwei Firmen hergestellt. Die Solvay Process Co. erzeugt es durch Oxydation von Ammoniak, die Dupont Company durch Reduktion von Salpeter mittels Blei.

Dasselbe gilt für Schwefelnatrium, das sowohl aus Sulfat durch Reduktion mit Kohle von mehreren Firmen hergestellt wird, als auch als Nebenprodukt bei der Umsetzung von Schwefelbarium zu anderen Bariumsalzen mittels Natrumsalze. Ich hörte auch von einem angeblich erfolgreichen Versuch, Schwefelnatrium aus Sulfat und Kohle im Schachtofen herzustellen, während die Reduktion ja sonst allgemein im Flammofen ausgeführt wird.

Die Versuche der Amerikaner, sich von dem Bezug der Kalisalze von Deutschland unabhängig zu machen, sind weniger erfolgreich gewesen, so daß man nach Kriegsende wohl wieder allgemein zum Bezug von Staßfurter und elsässischen Kali zurückgekehrt ist. Man hat versucht, aus dem mittels des Cottrell-Verfahrens niedergeschlagenen Staub von Zementöfen und Eisenhochöfen das Kali zu gewinnen, ferner aus Melasse und aus Meeresalgen an der kalifornischen Küste. Diese Verfahren sowie ein Versuch, den bei Marysvale, Utah, vorkommenden Alunit, ein in Wasser unlösliches Kalium-Aluminium-Doppelsalz zur Erzeugung von Kalisalzen nutzbar zu machen, sind meines Wissens inzwischen als zu teuer aufgegeben worden, obgleich das letztere Verfahren einfach ist. Der Alunit zerfällt beim Erhitzen in ein lösliches Kalisalz und in unlösliche Tonerde. Das Ofenprodukt braucht daher nur gelaugt und die Lösung eingedampft zu werden. Das Alunitvorkommen ist sechs englische Meilen von der nächsten Eisenbahn entfernt, und vielleicht ist dies der Grund, daß das Verfahren gescheitert ist.

Wenn auch hüttenmännische Verfahren in diesem Kreise weniger interessieren dürften als chemische, möchte ich ganz kurz ein bei der American Smelting and Refining Company auf ihrem Werk in Perth Amboy ausgearbeitetes patentiertes Verfahren zur elektrolytischen Raffination von Zinn erwähnen, da ich Gelegenheit hatte, die Anlage, die leider zur Zeit meines Besuchs wegen Absatzmangel infolge der geschäftlichen Depression stillstand, zu besichtigen. Das Verfahren verwendet wie das Betts-Verfahren zur elektrolytischen Raffination von Blei Kieselfluornatrium als Elektrolyten, dem etwa 6% Schwefelsäure zur Fällung des im Hüttenzinn enthaltenen Bleies zugesetzt werden. Betts fügt bekanntlich seinem Elektrolyten noch Leim hinzu, um ein dichtes, nicht schwammiges Kathodenblei zu erhalten. Nach einem Zusatzpatent scheinen auch dem Elektrolyten in der Zinnraffination organische Stoffe zugemischt zu werden.

Die Zinnhütte in Perth Amboy schickt ihr gesamtes Zinn durch die Elektrolyse, so daß sie mit nur einer Marke auf den Markt kommt, die den besten Marken von Straits- und Bancazzin an Reinheit mindestens gleichwertig ist. Wie ich von dem größten Zinnverbraucher, der U. S. Steel Corporation, erfuhr, ist das Zinn auch sehr gut für das Verzinnen von Eisenblechen geeignet, und das ist das Beste, was man von einer Zinnmarke sagen kann. Ob der Vorteil mit den Kosten der Elektrolyse von etwa 30 Dollar je Tonne nicht zu teuer bezahlt wird, erscheint mir allerdings fraglich, wenigstens für deutsche Verhältnisse.

Von den während des Krieges ausgearbeiteten Verfahren zur Herstellung organischer Produkte sind einige interessant, die sich mit Essigsäure, Butylalkohol und besonders mit Aceton beschäftigen, das während des Krieges als Lösungsmittel in der Pulverfabrikation sehr gesucht war. So baute die U. S. Regierung in Terre Haute, Indiana eine Anlage, die jetzt der Commercial Solvents Corporation gehört, und die nach dem patentierten Weizmann-Verfahren arbeitet. Es besteht darin, daß geschälter Mais gründlich sterilisiert und dann mit *Bacillus butylicus* vergoren wird, wobei 10 tons Äthylalkohol, 60 tons Butylalkohol und 30 tons Aceton entstehen, die durch fraktionierte Destillation getrennt werden. Die Anlage soll Ende 1920 monatlich 500 Tonnen von diesen Gärungsprodukten hergestellt haben. Der Butylalkohol wurde dort als Lösungsmittel für Nitrocellulose benutzt, während er in der Anlage der British Acetone Company in Toronto, Canada, die monatlich 200 Tonnen Aceton und 400 Tonnen Butylalkohol erzeugt haben soll, während des Krieges in Äthyl-methyl-keton übergeführt wurde, das als Lösungsmittel für den englischen Sprengstoff Cordite diente.

Aceton wurde im Kriege auch durch trockene Destillation von Calciumacetat und durch Vergären von Melasse zunächst zu Alkohol und dann zu Essigsäure gewonnen. Diese wurde verdampft, und die Dämpfe wurden über rotglühenden Kalk als Katalysator geleitet. Nach diesem Verfahren sollen 30 Tonnen Aceton täglich hergestellt worden sein. Alle Verfahren, die über die Essigsäure gehen, sind aber als zu teuer wieder aufgegeben worden. Dagegen soll das Burton-Verfahren, das von Propylen ausgeht, das bei dem schon erwähnten Cracking von Erdöl entsteht, gute Aussichten auf Erfolg haben. Es besteht darin, daß das Propylen in konzentrierter Schwefelsäure gelöst wird. Beim Verdünnen der Lösung mit Wasser entsteht Isopropylalkohol, dessen Dämpfe beim Leiten über einen Katalysator zu Aceton oxydiert werden.

Essigsäure aus Calciumcarbid über den Weg Acetylen und Acetaldehyd mit Quecksilberkatalysator wird in Schawinigan Falls in Canada in einer Menge von monatlich 650 tons, als 100%ige Säure angegeben, hergestellt. Auch Monochloressigsäure, die für die Fabrikation von Indigo gebraucht wird, und Essigsäureanhydrid für die Herstellung von Acetylcellulose und von Aspirin werden jetzt in den Vereinigten Staaten fabriziert, diese sogar von vier Fabriken*).

[A. 97.]

Die neuere Entwicklung der Motorkraftstoffe.

Von W. OSTWALD, Tanndorf (Mulde).

(Eingeg. 22.4. 1922.)

Es ist merkwürdig, wie spät die Erkenntnis ausschlaggebender Bedeutung der Chemie für die Entwicklung des sogenannten Explosionsmotors gekommen ist. Der geniale Gedanke von Huygens¹⁾, das durch seine Plötzlichkeit besonders augenfällig und wertvolle Arbeitsvermögen der Explosion in einer Kolbenmaschine ähnlich dem sanften nachhaltigen Drucke des Dampfes oder erhitze Luft in Dampfmaschine oder Heißluftmotor arbeiten und für Ludwig XIV. die Versailler Wasserkünste betreiben zu lassen, liegt zeitlich noch vor der Erfindung der Dampf- und Heißluftmaschine und bedurfte doch längerer Zeit als jene zur weiteren Entwicklung. Huygens selbst hatte Sorge, die Explosion (er benutzte Schießpulver) direkt arbeiten zu lassen. Bei seinem Schießpulvermotor schoß die Explosion nur den freien Kolben in die Höhe. Arbeit leistete erst der Luftdruck, indem er den Kolben wieder herabtrieb. Die gleiche Sorge vor dem gefährlichen Einsperren der Explosion beherrscht die weitere Entwicklung des Explosionsmotors. Auch der erste wirklich brauchbare Gasmotor von Otto und Langen²⁾ ist eine Flugkolbenmaschine. Es erschien offenbar den ersten Erfindern unmöglich, den zeitlichen Verlauf der Explosion zuverlässig und vorteilhaft dem Kolbenspiel anzupassen³⁾). Diese Aufgabe ist, mathematisch frei und phänomenologisch ausgedrückt, dasjenige, an dem man bei den Verbrennungsmaschinen mit Eifer seit jener Zeit und auch noch heute arbeitet. Leider ist aber diese Aufgabe meist hinter so viel Mathematik, Thermodynamik und Diagrammkunde versteckt worden, daß sie mehr gefühlsmäßig verfolgt, als in klarer Erkenntnis systematisch bearbeitet wurde.

Die in ihren Zielen von der Thermodynamik befruchtete, in der Ausführung aber trotzdem wesentlich empirische Entwicklung der Motoren hat zu zwei Haupttypen geführt, nämlich

1. dem Gemisch- oder Verpuffungsmotor, bei dem ein brennfertiges Gemisch von Luft und Kraftstoff verdichtet und abgebrannt wird, und

2. dem Diesel- oder Gleichdruckmotor, bei welchem Luft verdichtet und der Kraftstoff während der Verbrennung eingespritzt wird.

Im Lichte unserer Problemstellung ergibt sich sofort, daß der zweite Typ die prinzipiell einfachere Lösung der Aufgabe darstellt, den Druckverlauf der Verbrennung in dem durch das Kolbenspiel nach einem komplizierten Kosinusgesetz sich vergrößernden Arbeitsräumen wunschgemäß zu gestalten, indem man die Zuführung des einen reagierenden Bestandteiles, nämlich des einfacher als die Luft zu handhabenden Kraftstoffes, von dem gleichen Kosinusgesetz oder der Kurbelwelle beeinflussen läßt. Tatsächlich ist zwar Diesel nicht auf Grund dieser einfachen Überlegung, sondern durch die Absicht der Verwirklichung einer besonderen Kreisprozeßform⁴⁾, zu seiner Arbeitsweise gelangt, und tatsächlich ist auch meines Wissens die Variation der Einspritzkurve (nicht nur der Einspritzmenge oder -dauer) zur Regelung des Verbrennungsvorganges im Dieselmotor, den Glühkopfmotoren usw. noch nicht erprobt worden, obwohl viel von derartigen Versuchen zu erhoffen ist.

Praktisch ist auch der Dieselmotortyp die wirtschaftlichste Motorenart. Die grundsätzlich einfache Lösung der Aufgabe mußte aber mechanisch teuer erkauft werden. Die Verbrennungsreaktion läßt sich nur dann durch geregelte Zuführung des Kraftstoffes in der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit wunschweise und vollständig bewirken, wenn die Reaktionsgeschwindigkeit im Effekt ausreichend groß ist, also Zerstäubung, Diffusion, Temperatur usw. derart zusammenwirken, daß der eingebrachte Kraftstoff auch entsprechend der Geschwindigkeit der Einführung prompt verbrennt. Dies läßt sich nur durch Anwendung sehr hoher Drücke und Temperaturen erreichen (Dieselmotor besonders hohe Drücke, Glühkopfmotor besonders hohe Einführungstemperaturen des Kraftstoffes), ist aber bei den niedrigen Temperaturen (etwa 100°C Wandungstemperatur) und Verdichtungen (etwa 5 kg/qcm) der Gemischmotoren nicht durchführbar. Hohe Drücke bedingen aber schweren Bau der Maschine, — hohe Temperaturen Anlaß-Umständlichkeiten.

*) Der nun folgende rein wirtschaftliche Teil dieses Vortrages ist bereits in Nr. 49 und 50 der „Chemischen Industrie“ vom 5. und 12. Dezember 1921 abgedruckt.

¹⁾ Vgl. Gerland-Traumüller, Physikalische Experimentierkunst, Leipzig, 1899, S. 277.

²⁾ Gueldner, Verbrennungsmotoren, Berlin 1905, S. 19.

³⁾ W. Ostwald, Brennstoffchemie 1921, Heft 2.

⁴⁾ Vgl. z. B.: M. W. Gerhards, Ölmaschinen, Berlin 1921, S. 23.

Andererseits hat sich aber herausgestellt⁵⁾, daß auch bei folgender Einspritzung nur aliphatische Kraftstoffe sich wunschweise verhalten, aromatische hingegen (schon bei Zusatz von mehr als 25% zu aliphatischen) durch unbeherrschte und unregelmäßige Drucksteigerungen Schwierigkeiten machen. Es ist bekanntlich nach dem Vorgange der Gasmotorenfabrik Deutz gelungen, durch vorheriges Einspritzen geringer Mengen aliphatischen Öles als Zündöl dem hierauf eingesetzten aromatischen (Steinkohlen) Öl den angestrebten Verbrennungscharakter aufzuprägen, wobei dahingestellt bleibt, ob es sich um „ins Rutschenbringen“ der Reaktion durch die vom Zündöl hervorgebrachte Druck- und Temperatursteigerung, oder um die Erzeugung einer Zündwelle im Sinne von Dixon⁶⁾, oder um beides handelt. Selbst der große mechanische Aufwand beim Dieselmotor entbindet also nicht davon, der Chemie der Verbrennung Aufmerksamkeit zu widmen. Man fand, daß die Selbstzündungstemperatur, eine noch wenig definierte Größe, des benutzten Öles eine große Rolle spielt, und diese beim Dieselmotor möglichst niedrig sein möchte. Bei dem verwandten, aber mehr mit Temperatur- statt Druckerhöhungen arbeitenden Glühkopfmotor wieder führte zu niedrige Selbstzündungstemperatur ebenfalls zu unbeherrschten Verpuffungen. Ein Mittel zur Beherrschung fand sich in der zuerst von Banki angegebenen Wasser einspritzung vor oder während der Verbrennung.

Während so der Gleichdruckmotor technisch auf schon sehr hoher Stufe steht — wirtschaftlich vorteilhaft arbeitet, weil er reichlich vorhandene und verhältnismäßig billige Öle⁷⁾ verarbeitet, praktisch aber seiner Gewichtigkeit und Komplikation halber auf bestimmte Anwendungsgebiete beschränkt ist —, liegt bei der Gemischmaschine die Sache anders.

Der Gemischmotor bezweckt angeblich einen anderen Kreisprozeß⁸⁾. In Wirklichkeit wäre das theoretisch notwendige momentane Ablaufen von Zündung und Drucksteigerung sehr unerwünscht wegen der damit vereinten stoßweisen Beanspruchung der Lager. So darf man wohl sagen, daß die Existenzberechtigung des Gemischmotors darauf beruht, daß er baulich und betrieblich sehr einfache und im Verhältnis zur Leistung sehr leichte Motoren ermöglicht, und diese Vorteile weitgehend auch für kleine Einheiten beibehält. Der wirtschaftliche Kaufpreis für diese Vorteile besteht in der Notwendigkeit, Kraftstoffe von weitaus größerem Verdampfungsvermögen, also erheblich höherem Preise anzuwenden. Es ist auch möglich, höher siedende Kraftstoffe von niedrigerem Preise anzuwenden — und besonders ganz neuerdings bemüht man sich sehr darum —, doch ist das mit gewissen Komplikationen, besonders Umständlichkeiten beim Anlassen, zu bezahlen. Vor allem aber hat der Gemischmotor einen niedrigeren Wirkungsgrad als der Dieselmotor. Die genannten Vorteile sprechen aber praktisch eine so maßgebende Rolle — ein Kleinkraftrad mit Dieselmotor ist zunächst nicht denkbar, ein Dieselmotor-Lastkraftwagen aber auch nur schwer —, daß der Gemischmotor die kleinen Einheiten und das Hauptgebiet der ortsbeweglichen Motoren auf absehbare Zeit beherrscht.

Beim Gemischmotor wird, wie erwähnt, das brennfertige Gemisch auf 3—8, meist etwa 5 kg/qcm verdichtet und dann durch einen elektrischen Funken entzündet. Die Abbrengeschwindigkeit und ihre Abhängigkeit vom Druck und anderen Faktoren ist noch wenig bekannt. Nach Michelson, Neumann, Naegele und anderen⁹⁾ beträgt die Zündgeschwindigkeit bei Benzin höchstens 2,4 m/sec, bei Wasserstoff höchstens 2,9 m/sec, und erreicht dieses Maximum bei einem Luftmangel. Da nun aber die Kolbengeschwindigkeit, die trotz Vorzündung bestimmt kleiner sein muß als die Zündgeschwindigkeit, bei modernen Motoren meist mehr als 5 m/sec ausmacht und man zudem mit 10—20% Luftüberschuss arbeitet (welchem Mischungsverhältnis kleinere als die genannten Brenngeschwindigkeiten entsprechen), so müssen bei der motorischen Verbrennung aus irgendwelchen Gründen erheblich höhere Zündgeschwindigkeiten vorliegen. (Der höhere Druck allein scheint nach Versuchen von Neumann¹⁰⁾ nicht entscheidend zu sein.) Tatsächlich hat denn auch K. Schreber¹¹⁾ durch die Methode der versetzten Diagramme für Braunkohlen sauggas 10—20 m/sec ermittelt.

Weiß man also über die durchschnittliche Brenngeschwindigkeit zahlenmäßig sehr wenig, so weiß man über die Veränderungen der Brenngeschwindigkeit in bezug auf die Zeit oder den jeweiligen Kolbenstand zahlenmäßig überhaupt nichts. Man kann lediglich aus Diagrammen und aus den bereits erwähnten Dixonschen Explosionsphotos allerlei schließen und vermuten. Qualitativ kann man jedoch recht bestimmte Schlüsse aus dem praktischen Verhalten des Motors auf der Bremse oder im Kraftfahrzeug ziehen. Die Eigenschaft eines Motors, deren erwünschtes Ziel praktisch „gutes Durchziehen“ genannt und als Entwicklung eines verhältnismäßig großen

⁵⁾ Vgl. z. B.: P. Rieppel, Mitt. üb. Forsch.-Arb. d. V. d. I., Heft 55, 1908.

⁶⁾ Dixon, Berliner Berichte.

⁷⁾ Aus welchen Gründen man noch keinen Gas-Dieselmotor (z. B. mit Hochofen- oder Koksofengas) gebaut hat, ist unverständlich, weil der Arbeitsaufwand für die Gasverdichtung durch die Verbesserung der Wirkungsgrade oder Verringerung des Gasverbrauches mehr als wettgemacht werden würde.

⁸⁾ Vgl. z. B.: Heldt-Isendahl, Verbrennungsmotor, Berlin 1916, S. 42.

⁹⁾ Vgl. W. Ostwald, Über die Zündung leichter Brennstoffe, Technische Berichte des Benzolverbandes, 1919, Nr. 4.

¹⁰⁾ Neumann, Mitt. üb. Forsch.-Arb. d. V. d. I., 1909, Heft 79, S. 47.

¹¹⁾ Autotechnik 1920, Heft 25, S. 5.

und gleichförmigen Drehmoments bei niedriger Drehzahl definiert werden kann, — während das mit „Selbstzündungsklopfen“ bezeichnete unerwünschte andere Ende der gleichen Eigenschaft entsprechend niedriges und sehr ungleichförmiges Drehmoment bei niedriger Drehzahl, heftiges Stoßen und entsprechende Schädigung der Lager darstellt —, diese Eigenschaft hängt auf das engste mit der Brenngeschwindigkeit und ihren Veränderungen während der Verbrennung zusammen.

Diese Brenngeschwindigkeit ist auch bei gegebenem Kraftstoff und Mischungsverhältnis keineswegs eine Konstante. Denn unter anderem begünstigen folgende Einflüsse das „Selbstzündungsklopfen“:

Hohe Wandtemperatur; hohe Verdichtung; Gegenwart von so genannter Ölkarbide an den Wänden; lokale Wärmestauungen, z. B. an Zündkerzen, Wandungen, besonders Kolben, welche

a) wegen ihrer rauen, unpolierten oder herabstürzten Oberfläche,

b) wegen ungeeigneten Materials (Grauguss statt Aluminium oder Magnesiumlegierungen) viel Wärme aufnehmen,

c) wegen geringer Querschnitte, ungenügender Wärmeleitung und schlechteleitenden Materials (Grauguss statt Aluminium- oder Magnesiumlegierungen) die aufgenommene Wärme schlecht ableiten¹²⁾:

Kleiner Hub (bei gleicher Drehzahl und gleichem Hubvolumen); niedrige Drehzahl; hoher Füllungsgrad.

Von physikalischen Eigenschaften des Gemisches begünstigen die folgenden das Selbstzündungsklopfen:

Hohe Temperatur des Gemisches; mangelhafte Zerstäubung oder Verdampfung des Kraftstoffs.

Ganz besonders ausgesprochen ist natürlich der Einfluß chemischer Verhältnisse. Zunächst einmal neigen „fette“ Gemische mehr zum Selbstzündungsklopfen, als magere. Sodann aber besteht eine ganz schlüssige Reihe von Einflüssen, die genau umgekehrt liegt, wie beim Dieselmotor¹³⁾.

Folgende Typen mögen die Reihe veranschaulichen:

Leicht selbstzündend: Paraffin, Petroleum, Dekalin (Dekahydro naphthalin), Schwerbenzin, Leichtbenzin, Solventnaphtha, Tetralin (Tetrahydronaphthalin), Benzol, Spiritus. *Schwer selbstzündend*:

Niedriges Molargewicht, aromatische Konstitution, Gegenwart von Sauerstoff oder Wasser in irgendwelcher Form setzen das Selbstzündungsvermögen herab.

Die Erscheinung des Selbstzündungsklopfens ist nun in etwas übersteigerter Form nichts anderes als die Erfüllung der theoretischen Forderung des angeblich für die Gemischmaschine maßgeblichen Kreisprozesses (Wärmezufuhr bei konstantem Raum). Tatsächlich erweist sich aber das derartig verbrennende Benzin als unterlegen dem „weich“ abbrennenden Benzol. Mithin erscheint es zweckmäßig, die ganze rein theoretische Forderung nach dem sogenannten Gemischmotor-Kreisprozeß fallenzulassen und entsprechend der praktischen Entwicklung zu versuchen, auf chemischem Wege der Verbrennung im Gemischmotor den Charakter der Verbrennung im Dieselmotor zu verleihen. Es ist in anderen Worten nicht auf möglichst plötzliche Verpuffung hinzuarbeiten, sondern auf eine solche Verpuffung, die möglichst wenig plötzlich ist, vielmehr in bezug auf die Kurbel für einen möglichst großen Teil des Arbeitstaktes ein möglichst gleichmäßiges Drehmoment abgibt. Sind Hub, Bohrung, Pleuelstangenlänge und eventuell Desaxierung gegeben, so läßt sich aus dieser Forderung eine theoretische Verbrennungslinie für das Diagramm berechnen oder zeichnen. Sie ähnelt der theoretischen Diesellinie mehr als der theoretischen Gemischmotorlinie. Da wir aber zahlenmäßig über den Verlauf der Verpuffung weitaus zu wenig wissen, so war man bisher auf Benutzung der oben angedeuteten qualitativen Erfahrungen angewiesen.

Das Ergebnis war der sogenannte Reichskraftstoff oder das Tetralitbenzol, ein Gemisch von

50 Benzol

25 Tetralin

25 Spiritus von 95 Vol.-%¹⁴⁾.

Dieser Reichskraftstoff zeigt bei sachgemäßer Vergasereinstellung und ausreichender Vorwärmung ein derartig charakteristisches, von der Arbeitsweise des heutigen petroleumhaltigen Benzins verschiedenes „Durchziehen“, daß man mit Spannung auf vergleichende Diagramme warten mag, welche bestätigen dürften, daß das Diagramm dieselmotorähnlich wurde, und bis zu welchem Grade dies der Fall ist. Wahrscheinlich ist der Reichskraftstoff, der empirisch gefunden¹⁵⁾ wurde, noch nicht die günstigste mögliche Lösung der Aufgabe. Jedoch ist der Fortschritt erheblich.

Der Reichskraftstoff ist übrigens auch in mannigfacher anderer Hinsicht interessant.

Volkswirtschaftlich stellt er einen Glückfall insofern dar, als er eine Streckung des Benzols mit reichlich vorhandenen anderen

¹²⁾ Gabriel Becker, Bericht über den Leichtmetallkolbenbewerb, München-Berlin 1921.

¹³⁾ Vgl. z. B.: Wa. Ostwald, Brennstoffchemie loc. cit.; v. Keußler (Autotechnik 1922, Heft 2, S. 9) glaubt bezüglich der Selbstzündungseigenschaft von Kraftstoffen in ihrer Bildungswärme eine zugeordnete Eigenschaft entdeckt zu haben.

¹⁴⁾ Neuerdings wird ein Tetralitbenzol vertrieben, das mehr Spiritus und weniger Tetralin enthält (57 + 34 + 9).

¹⁵⁾ Vgl. Autotechnik 1921 und 1922, wo wohl am vollständigsten die Reichskraftstoffliteratur zu finden ist — besonders die Namen Schrauth,

Inlandserzeugnissen bedeutet. Eine solche Streckung ist aber deshalb erforderlich, weil Versailles unsere Benzolerzeugung mit jährlich 35000 t und den Vorkriegslieferungen nach Frankreich belastet, während gleichzeitig Oberschlesien und Saargebiet weitgehend ausfallen. Benzin ist angesichts der „Welthungersnot der Motoren“ teuer und mangelhaft — bei unserem Geldstande doppelt unerschwingbar. Tetralin ist aus Naphthalin ausreichend in einer vorhandenen Anlage (Tetralin diente als Verdünnungsmittel für Heizöl und als Dieselmotortreiböl) zu erzeugen oder vorhanden —, Spiritus ist überreich vorhanden oder muß aus Rücksicht auf die Landwirtschaft überreichlich erzeugt werden. Andere Länder, die sich in der gleichen Lage des Spritüberflusses bei Kraftstoffmangel befinden — Amerika, Frankreich usw. — besitzen kein Tetralin. Dieses läßt sich aber nicht etwa durch Petroleum oder ähnliche aliphatische Dinge ersetzen, weil diese erfahrungsgemäß schon in verhältnismäßig geringer Menge ihren Selbstzündungscharakter durchdringen lassen — wie etwa beim Dieselmotor das Zündöl. Benzolsprit ist aber nach Kriegserfahrungen wenig ausgiebig. Ferner neigt er zu Entmischung und Korrosion¹⁶⁾. So bedeutet die Kombination des Reichskraftstoffes ein seltenes Zusammentreffen des technischen Fortschrittes mit den wirtschaftlichen Verhältnissen.

Die Mischungsverhältnisse des RKS als einer Lösung von theoretisch vier Bestandteilen (Benzol, Alkohol, Wasser und Tetralin) lassen sich nur im Raum (Tetraeder) oder in der Ebene nur mit Schwierigkeit darstellen. Da jedoch stets 95 volumenprozentiger Sprit benutzt wird, so kann man diesen als einheitlichen Bestandteil ansehen und das gewöhnliche Gibbsche Dreieck anwenden¹⁷⁾, wie dies auch der praktischen Herstellung aus drei Flüssigkeiten entspricht. Es entsteht dann ein dem Benzolspiritusdreieck ähnliches Gebilde, in dem nur das Gebiet der Homogenität enger und die Abhängigkeit von der Temperatur stärker ausgeprägt ist. Durch einen geheimgehaltenen Zusatz wird übrigens beim RKS eine weite Überschreitung dieser Grenzen ermöglicht, so daß er in unseren Breiten vollkommen kältefest ist. Hingegen bebält er eine gewisse Empfindlichkeit gegen Mischung mit Benzol und ganz besonders Benzin, die leicht Entmischung hervorruft und deshalb zu vermeiden ist.

Was die Dampfdrucke oder Siedekurven anlangt, so liegen diese beim RKS weitaus günstiger als man nach der Mischungsregel erwarten sollte. Es entspricht das den Verhältnissen beim Benzolsprit, der bekanntlich¹⁸⁾ ein bei 65° C siedendes Minimumgemisch liefert. Entsprechend springt RKS leichter an, als man nach seiner Zusammensetzung vermuten sollte. Zusatz von geringen Mengen anderer leichtsiedender Stoffe, z. B. Äther, bessert noch weiter.

Zur Analyse von RKS bestimmt man den Spritgehalt durch Versetzen einer gemessenen Probe mit einem Überschuß von Wasser und Messen des Restes als Differenz¹⁹⁾. Die Kohlenwasserstoffe untersucht man besonders. Liegen nur Benzol und Tetralin vor, so reicht die Bestimmung des spezifischen Gewichtes zur Berechnung des Mischungsverhältnisses aus. Endlich bestimmt man titrimetrisch das Wasseraufnahmevermögen bis zur Trübung, sowie die Entmischungstemperatur durch Abkühlen bis zu dauernder Trübung. [A. 100.]

Technologie an den deutschen Universitäten.

Von H. WICHELHAUS.

(Eingeg. 13.5. 1922.)

Das Bild von dem Unterricht in der chemischen Technologie, an den deutschen Universitäten, welches Hans Kesseler, Köln, in dieser Zeitschrift gegeben hat¹⁾ ist sehr unerfreulich. Es läßt eine nicht zu entschuldigende Verschiedenheit der Behandlung erkennen und wird noch trüger durch die Mitteilung, daß sich der Stand seit dem Frühjahr 1921 verschlechtert hat.

Man wird daran erinnert, daß Duisberg schon im Jahre 1898 auf die Vernachlässigung der chemischen Technologie an den Universitäten hinwies²⁾. In der Tat handelt es sich um die Vernachlässigung einer Wissenschaft, die sowohl wegen ihres Alters, als wegen der wirtschaftlichen Bedeutung im Betracht kommt.

Was das Alter betrifft, so zeigt Hugo Blümner in seiner „Technologie zur Zeit der Griechen und Römer“, daß man sich schon damals auf wichtige Überlieferung älterer Zeiten stützen konnte. Die Griechen lernten z. B. die Purpurfärberei von den Phöniziern und den Zeugdruck mit Krapp von den Ägyptern. Durch die lateinische Beschreibung des Druckverfahrens wird der Nachwelt ein Rätsel auf-

Friesenhahn, v. Gwinner, v. Keußler, Wa. Ostwald, Riedel usw., ferner auch die neueste Aussprache von Formánek, Wa. Ostwald und Schrauth ebenda 1922, Heft 7ff.

Anmerkung bei der Korrektur: Ein anderer Weg ist der Zusatz von hemmenden Stoffen. Sehr wirksam in dieser Hinsicht sollen nach Midgley und Boyd von der General Motors Co. Selen- und Tellurverbindungen sein (vgl. Autotechnik, Heft 6, S. 16 [1922]).

¹⁶⁾ Vgl. Autotechnik 1922, Heft 6, S. 9.

¹⁷⁾ Vgl. Wa. Ostwald, Auterchemie 1909, S. 26ff., Chem. Ztschr. 1918, S. 365; Heinz Adam, Autotechnik 1919, Heft 1, S. 8ff. usw.

¹⁸⁾ Young, Fractional Distillation, London 1903, S. 68.

¹⁹⁾ z. B. mit einem Benzolspiritusröhrchen nach Wa. Ostwald (vgl. Motorfahrer 1918, Heft 23); zu beziehen von Rob. Goetze, Leipzig.

¹⁾ 35, 137 f. [1922].

²⁾ Diese Zeitschr. 11, 513 [1898].

gegeben. Es wird nämlich mitgeteilt, daß man „medicamenta colorem absorbentia“ benutze und gefragt, wieso nun aus dem Krappbade „color medicamentum qualitate mutatus“ hervorgehen könnte. Nachdem das Rätsel gelöst ist, können wir einfach sagen: Durch Anwendung verschiedener Beizen werden verschiedenfarbige Alizarin- oder Purpurinverbindungen gebildet. Wer aber ein geeignetes, antikes Stück zur Verfügung hat, kann damit die Beständigkeit dieser Verbindungen ebenso beweisen, wie die Schönheit des Zusammenwirkens.

Nicht allein durch Schrift, sondern auch durch bildliche Darstellung sind technologische Mitteilungen gemacht wurden. So sieht man noch heute in Pompeji das zur Zeit der Römer übliche Verfahren des Färbens auf die Wand gemalt.

Zu allen Zeiten haben solche Überlieferungen der Vorgänge den Fortschritt angeregt.

Ein auffallendes Beispiel der Verzögerung des Fortschrittes infolge von mangelnder Mitteilung knüpft an den Namen Leonardo da Vinci an. Dieser auf vielen Gebieten im Mittelalter tätige Forscher hat schon im Jahre 1480 die Benutzung des Lampenzyinders als Rauchfang und für Zufuhr von Luft angeregt. Da aber seine Manuskripte lange unveröffentlicht blieben, konnte Quinet in Paris etwa 200 Jahre später die gläsernen Lampenzyinder als etwas Neues vorführen.

Wenn man danach zugibt, daß die Lehre von der Technik zu neuem Schaffen anregt und daß etwaige Mängel dieser Lehre den Fortschritt verzögern, könnte allerdings in Frage kommen, ob wir vielleicht nun so weit sind, daß wir für Fortschritt nicht weiter zu sorgen brauchen. Sollte aber wirklich einer glauben, daß es trotz der Notlage unseres Vaterlandes ausgerechnet in Deutschland angebracht sei, die Technologie, die Anregung zum Schaffen neuer Werte und zur Vermehrung der vorhandenen zu vernachlässigen, während andere Staaten kein Mittel scheuen, um sich das bei uns Geschaffene anzueignen und mit diesem Kapital zu arbeiten?! Dann liegt es, da wir eben ins Lateinische geraten sind, nahe, hier den Juvenal anzuführen mit seinem „difficile est, satiram non scribere“.

Auf das Alter unserer Wissenschaft ist nun wegen der Abschnitte der Entwicklung zurückzugreifen. Zuerst mußte sie von anderen getrennt werden. Denn die Schriftsteller früherer Zeiten pflegten alles zusammenzuschreiben, was ihnen wissenswert erschien. Mit Rücksicht darauf gibt Külb einen nützlichen Wink in der Vorrede zu seiner Übersetzung der Werke des Plinius, indem er sagt: „Die Technologie findet sich in Nr. 7 und 37 der Bücher, vermengt mit Kunstgeschichte und Mineralogie“.

Die Einteilung in mechanische und chemische Technologie erscheint uns jetzt selbstverständlich; sie ist aber erst spät erfolgt und wegen der Wirkungen bemerkenswert.

Noch im Jahre 1830 unternahm es Prechtl, als Direktor des polytechnischen Instituts in Wien, die ganze Technologie zu einer alphabetisch geordneten Enzyklopädie zusammenzufassen, die es auf 20 Bände gebracht hat. Er verwahrt sich ausdrücklich dagegen, daß er ein Lexikon verfasse. Da aber z. B. „Ammoniak“ eingeklemmt ist zwischen „Amboß“ und „Angeln“ wird man bald für die Auseinandersetzung gestimmt, die um die Mitte des vorigen Jahrhunderts erfolgte.

Allerdings findet sich dann beim Vergleiche von Karmarsch, Handbuch der mechanischen von 1851 mit dem in demselben Jahre abgeschlossenen Lehrbuch der chemischen Technologie von Knapp einzelnes, z. B. die Glästechnik in beiden, weil sie von verschiedenen Gesichtspunkten aus zu betrachten ist; im ganzen hat sich aber die Bildung der Abteilungen als richtig erwiesen. Beides hat seine Bedeutung.

1. Die Trennung ist nicht als Ausschließung aufzufassen. Wie man einen Brief mit der rechten Hand schreibt und die linke zuzieht, um ihn postfertig zu machen, so kann man in der chemischen Technologie gut etwas mechanische gebrauchen, um den Verlauf und die Verschiedenheit der Verfahren klarzumachen.

2. Die Selbständigkeit der Abteilungen ist der Entwicklung so günstig gewesen, wie der Vergleich des jetzigen Zustandes mit dem von 1851 zeigt.

Da nun für beide der Anschauungsunterricht einzuführen war und die mechanische Technologie besonders umfangreichen Lehrmittel bedarf, spielte die Raumfrage mit, und die Sache steht jetzt so, daß man diese Abteilung an den technischen Hochschulen zu suchen hat.

An den Universitäten ist Technologie schon vor Bildung der Abteilungen gelehrt worden, und zwar mit besonderer Betonung der volkswirtschaftlichen Seite.

Johann Beckmann, der erste Professor an deutschen Universitäten, welcher eine „Anleitung zur Technologie“ (Göttingen 1776) herausgab, fängt die Vorrede mit dem Satz an: „Die Kenntnis der Handwerke, Fabriken und Manufacturen ist Jedem, der sich der Polizei- und Kameral-Wissenschaft widmen will, unentbehrlich“. In dem Werke selbst ist die chemische Technik, neben mancherlei anderem, sehr eingehend behandelt.

Rudolf von Wagner, ordentlicher Professor der chemischen Technologie in Würzburg, war Doktor der Staatswissenschaften und hat der Statistik den ihr zukommenden Wert beigelegt in dem Werke, durch welches er wohl den größten Einfluß ausgeübt hat. Es ist der von ihm 1885 begründete Jahresbericht über die Leistungen der chemischen Technologie, den Rassow in Leipzig jetzt vortrefflich leitet. Auch der Titel des Wagnerschen Handbuchs der chemischen Technologie hat den Zusatz: mit besonderer Berücksichtigung der Gewerbe-