

# Zeitschrift für angewandte Chemie

und

## Zentralblatt für technische Chemie.

XXI. Jahrgang.

Heft 29.

17. Juli 1908.

### Die Treibmittel des Automobils<sup>1)</sup>.

Von Dr. FRITZ WARSCHAUER.

Vortrag, gehalten im Märkischen Bezirksverein des Vereins deutscher Chemiker zu Berlin am 18. März 1908.

(Eingeg. d. 29.5. 1908.)

Chemie und Automobil — so paradox dies auch im ersten Augenblicke klingen mag — so bestehen doch bei näherer Betrachtung zwischen der chemischen Industrie einerseits und der Automobiltechnik andererseits recht nahe Beziehungen.

Betrachten wir zunächst die Materialien, aus denen die wesentlichen Teile des Automobils bestehen. Das aus Stahl hergestellte Untergestell ist ein Erzeugnis der metallurgischen oder der elektrometallurgischen Industrie. Die Automobiltechnik hat sogar befürchtend auf den Entwicklungsgang dieses Zweiges der chemischen Industrie insofern eingewirkt, als früher keine so hohen Ansprüche an den Stahl gestellt wurden, wie dies für das Konstruktionsmaterial des Automobils der Fall ist. Eine ganze Reihe von jetzt auf den Markt kommenden Chromnickel- sowie Nickelstählen legt ein beredtes Zeugnis hierfür ab. Die einzelnen Teile der Achse werden neuerdings unter Zuhilfenahme der autogenen Schweißung verbunden. Das Gehäuse des Motors besteht aus Aluminiumlegierungen. Gummi bildet die Bereifung, und in der letzten Zeit versucht man, auf chemischem Wege hergestellte elastische Materialien als Ersatz für den teuren Gummi einzuführen. Die Schmierung mit einem guten Öl ist die Vorbedingung für einen sicheren Betrieb des Motors. Das alte Wort: „Wer gut schmert, der gut fährt“, hat demnach seine vollste Bestätigung bei dem Automobil gefunden. Und schließlich sind die Stoffe, die zum Antriebe des Automobils dienen, chemischer Natur.

In der letzten Zeit ist wiederholt die Kunde von einer „Automobilkrise“ aufgetaucht. Hier ist nicht der Ort, dieses Thema eingehend zu betrachten. Es sei nur so viel gesagt, daß mit dem Augenblicke, in dem das Automobil aufhörte, ausschließlich dem Sport und dem Luxus zu dienen, und dazu überging, sich als Nutzfahrzeug einzuführen, in der Tat erhebliche Umwandlungen eingetreten sind. Die bei den Betriebsgesellschaften von Droschen und Omnibussen anfänglich erzielten Überschüsse wurden als Reingewinne betrachtet. Hierbei lief aber ein schwerer Fehler unter. Es wurden gute Einnahmen verwechselt mit guter Rentabilität. Dies ist darauf zurückzuführen, daß

weder brauchbare Erfahrungen über die Lebensdauer der Automobile, noch auch über ihre Betriebskosten vorlagen. Hierzu kam noch die Unzuverlässigkeit der Führer, die teils in Unkenntnis, teils aus Rücksichtslosigkeit das ihnen anvertraute Gefährt in vielen Fällen nichts weniger als liebevoll behandelten. So ist es zu erklären, daß sich tatsächlich bisher nur eine Art von Droschenbetriebsgesellschaften als rentabel gezeigt hat. Das ist diejenige Gesellschaft, die nur *ein* Fahrzeug besitzt, und deren Gesellschafter beispielsweise Vater und Sohn sind, wobei in den meisten Fällen der Vater die Tages-, der Sohn die Nacht-Schicht übernimmt. Voraussetzung ist allerdings hierbei, daß wenigstens einer von beiden ein guter Schlosser oder Mechaniker ist. In der Tat lehrte die Erfahrung, daß die Betriebskosten in der Praxis wesentlich höhere sind, als sie ursprünglich in schönen Rentabilitätsberechnungen aufgestellt waren. Insbesondere hatte man mit einem so starken Verbrauch von Gummi nicht gerechnet. So kostet z. B. ein Satz Omnibusgummi, der nur etwa zwei Monate hält, über 2500 M.

Aber auch die Kosten der Treibmittel spielen eine nicht zu unterschätzende Rolle. Benzin, das man bisher fast ausschließlich zum Antriebe der Automobile verwandt hatte, war im Jahre 1907 zu einem Preise angestiegen, der 100% höher war als zwei Jahre vorher. Der hohe Gummiverbrauch und dessen Kosten sind immer noch das ungleich größere Übel geblieben; die Versuche zur Verringerung der Brennstoffkosten haben jedoch besonders im letzten Jahre beachtenswerte Fortschritte gemacht. Über den Kautschuk im allgemeinen hat uns Herr Dr. Axelrod an dieser Stelle in der letzten Sitzung berichtet<sup>1)</sup>, auf der heutigen Tagesordnung stehen die „Treibmittel des Automobils“.

Um einen Überblick über die bisher zum Antriebe des Automobils in Vorschlag gebrachten, sowie über die in der Praxis verwendeten Stoffe zu erhalten, müssen wir den Entwicklungsgang des Automobils mit unserer Betrachtung verknüpfen. Gestatten Sie mir daher, daß ich ganz kurz auf die Entstehung und den Werdegang des Automobils eingehe.

Sehen wir von den mit Hilfe der natürlichen Windkraft betriebenen Segelwagen ab, mit denen man bereits im Mittelalter Geschwindigkeiten von etwa 33 km, also annähernd die mittlere Geschwindigkeit eines modernen Tourenwagens, erreichte, so ist das älteste Mittel, Fahrzeuge auf maschinelle Weise zu betreiben, der mit Hilfe der Verbrennung von Kohle erzeugte Wasserdampf. Die Kohle ist ja der Brennstoff *κατ' εξοχήν*. Auch bei der Betrachtung der anderen Treibmittel werden wir sehen, welche nahen Beziehungen zwischen ihnen und der Kohle bestehen, indem sie entweder

<sup>1)</sup> Eine ausführliche Darstellung dieses Themas, bei der auch die Treibmittel der Wasser- und Luftfahrzeuge Berücksichtigung finden sollen, wird demnächst von dem Verfasser in Gemeinschaft mit dem Automobilingenieur Ernst Valentin-Berlin herausgegeben. (Automobiltechnische Bibliothek. Verlag von M. Krayn, Berlin.)

Verbindungen der Kohle darstellen oder aus ihr unmittelbar gewonnen werden oder aber eine andere Energieform mit Hilfe des durch Kohle erzeugten Dampfes bilden.

Wir unterscheiden drei Hauptantriebsarten: den mit Kohle betriebenen Dampfmotor, den mit Kohlenwasserstoffen betriebenen Verbrennungsmotor und den mit Elektrizität betriebenen Elektromotor.

Papin war wohl der erste, der auf die Verwertung der mechanischen Kraft des Dampfes zur Krafterzeugung aufmerksam machte. Er hatte beobachtet, daß beim Erwärmen eines mit Wasser gefüllten und mit einem Deckel verschlossenen Gefäßes durch den Dampf der Deckel gehoben wurde. Er legte dann ein Gewicht auf den Deckel. Während einiger Augenblicke blieb der Deckel unbeweglich auf dem Topfe liegen, nach und nach begann er aber von neuem, sich zu heben. Aus diesen Versuchen ging hervor, daß kochendes Wasser eine Kraft von veränderlicher Stärke erzeugt. Um sich diese Kraft zu Diensten zu machen, legt man den Deckel nicht frei auf den Topf heraus, sondern verkleinert ihn so weit, daß er sich genau in den Topf hineinschieben läßt. Auf diese Weise erhält der Deckel eine Führung in der seitlichen Wand des Topfes. Befestigt man dann an diesem Deckel eine bewegliche Stange und bringt diese mit einem Rade in Verbindung, so überträgt der Deckel seine vertikale Bewegung auf das Rad, das diese Bewegung in eine rotierende umwandelt. Das ist im wesentlichen die Grundlage der Dampfmaschine: der Topf entspricht dem Dampfkessel, die Wand die dem Deckel als Führung dient, dem Zylinder, der Deckel stellt den mit der Treibstange versehenen Kolben dar, das Rad ist das Schwungrad. Diese wesentlichsten Teile des Dampfmotors kommen auch, wie wir später sehen werden, beim Explosionsmotor vor. Der Unterschied besteht ausschließlich darin, daß die inneren Vorgänge, d. h. die Art der Krafterzeugung, bei diesen beiden Systemen verschieden sind.

Papin war auch der erste, der im Jahre 1698 das Modell eines mit einer Dampfmaschine in unserem Sinne ausgerüsteten Wagens konstruierte. Dieser kleine Wagen funktionierte, aber Papin fand trotz des Drängens von Leibniz nicht die Kraft, zu einem für den Transport brauchbaren Wagen zu gelangen. Mit den großen Fortschritten, die dann im 18. Jahrhundert die Dampfmaschine machte, ging auch die Entwicklung des Dampfwagens Hand in Hand. Immer zahlreichere Konstruktionen tauchten auf, und wie dies bei allen neuen Erfindungen natürlich ist, so suchte man auch beim Dampffahrzeug nach mannigfachen Anwendungsmöglichkeiten. Zu den sonderbarsten Automobilen aller Zeiten gehört zweifellos der Dampfwagen, der in Amerika, das bereits damals den Ruf des Landes der unbegrenzten Möglichkeiten rechtfertigte, von einem Erfinder, namens Evans, konstruiert wurde. Es war ein Amphibium, das imstande sein sollte, sowohl im Wasser als auf dem Lande zu fahren. Der Antrieb erfolgte durch ein Schaufelrad, das auch bei der Fahrt über Land rotierte.

Zu Anfang des 19. Jahrhunderts war es dann der Lokomotivbau, insbesondere die Konstruktion Stephenson's, die befruchtend auf die Kon-

struktion der Dampffahrzeuge wirkte und in England eine Blütezeit des Automobils zur Folge hatte. Vom konstruktiven Standpunkt aus interessant ist, daß schon damals alle Konstrukteure zu der Erkenntnis kamen, daß bei einem Automobil Maschine und Wagen organisch verwoben, ebenso wie sie bei der Eisenbahn unbedingt getrennt werden müssen. Vom betriebstechnischen Standpunkte aus interessant ist es, daß bereits damals über hohe Betriebskosten des Automobils geklagt wurde. So sagt ein Schriftsteller von dem Konstrukteur eines Dampfwagens:

„Es fehlte ihm das metallische Medium, welches leider das Hauptmittel zum Betriebe eines Motorwagens ist.“

Der aufwärtsstrebenden Entwicklung des englischen Automobilismus wurde im Jahre 1865 plötzlich durch ein die Verkehrsvorschriften für Automobile betreffendes Gesetz Einhalt geboten. Es ist auf die Befürchtungen der Landwirte zurückzuführen, die eine Entwertung ihrer Pferde und den Gewinnengang durch den Ausfall der Lieferungen von Pferdefutter fürchteten. Durch dieses Gesetz wurde die Geschwindigkeit von Automobilen auf 4 englische Meilen für das flache Land und auf 2 Meilen für Ortschaften herabgesetzt. Ferner mußte jeder Maschine ein Mann mit einer roten Fahne vorangehen, um die Begegnenden zu warnen. Der Ruin der englischen Automobilindustrie war die unausbleibliche Folge dieser Verordnung. In ihrem Erlöschen aber hat sie noch den größten und wichtigsten prinzipiellen Fortschritt zu verzeichnen, die erste Einführung des Gummis in den Automobilbau.

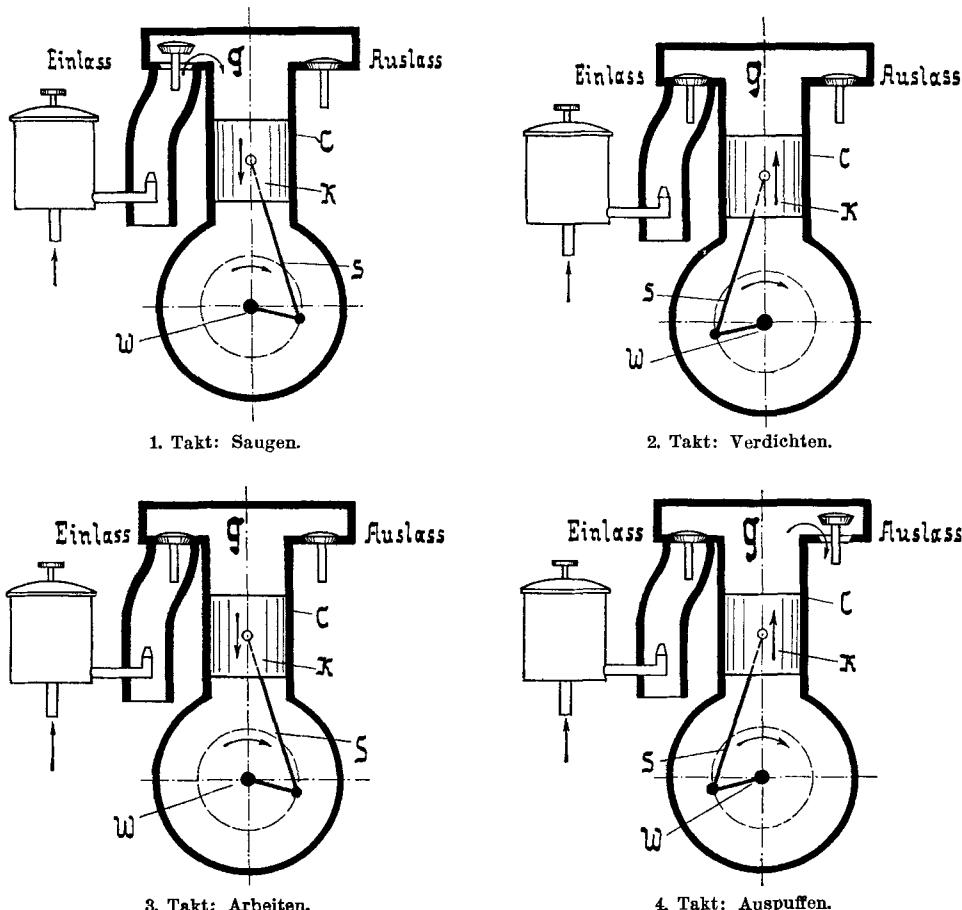
Die weitere Entwicklung des Dampffahrzeugs ging dann nach Frankreich über, während in England nur noch die schweren Trakteure zur langsamsten Beförderung großer Lasten lebensfähig waren. Auch in Amerika brachte man dem Dampfwagen großes Interesse entgegen. In Deutschland hat der schienenlose Dampfwagen niemals eine hervorragende Rolle gespielt. Die Berliner Omnibusgesellschaft hatte kürzlich Versuche mit einem Dampfwagen angestellt, über deren Ergebnis nichts bekannt geworden ist. Der soeben vom Branddirektor Reichel herausgegebene „Bericht über das Ergebnis der mit Kraftfahrzeugen beider Berliner Feuerwehr vorgenommenen Versuche“ fällt, soweit es sich um den Betrieb innerhalb der Stadt handelt, zuungunsten des Dampfwagens aus.

Fragen wir nun nach den Gründen, weshalb dieses Fahrzeug, das auf eine über 200jährige Entwicklung zurückblickt, heute nur noch eine so beschränkte Anwendung, und zwar für schwere Lastfahrzeuge, findet und durch das moderne, durch andere Mittel betriebene Automobil, das erst in dem jugendlichen Alter von 20 Jahren steht, zum großen Teil verdrängt wurde! Einer der Hauptnachteile des Dampfwagens ist der Mangel an Betriebsbereitschaft. Das Anheizen des Kessels erfordert etwa eine Viertelstunde. Gerade die Betriebsbereitschaft ist es aber, die den auf andere Weise betriebenen Motorfahrzeugen ihre Überlegenheit verleiht. Hierzu kommt das große Gewicht des mit einer Dampfmaschine ausgerüsteten Wagens und das Erfordernis einer aufmerksamen Bedienung. Ein sehr erheblicher Nachteil ist weiter-

hin die offene Flamme, die sich beim Dampfbetriebe nicht vermeiden läßt, und die hiermit verbundene Feuersgefahr. Dazu kommt noch die starke äußere Wärmeentwicklung, die wohl besonders bei Personalfahrzeugen recht unangenehm empfunden werden dürfte. Schließlich sind auch die Kosten des Brennstoffes höhere als bei anderen Systemen. Mit diesem Urteil soll jedoch dem Dampfwagen seine Daseinsberechtigung nicht vollkommen abgesprochen werden. Für bestimmte Anwendungen, d. h. für die langsame Beförderung großer Lasten über Land, beispielsweise für militärische Zwecke, ist er, zurzeit wenigstens, eines der berufensten Transportmittel. Auch leistet er überall dort gute

brennung der Kohlenwasserstoffe unmittelbar zur Erzeugung von Kraft zu verwenden. Dies führt uns zur Betrachtung der Kohlenwasserstoffe als Treibmittel, des Verbrennungsmotors als treibender Maschine.

Bei den Verbrennungsmotoren wird mechanische Energie in der Weise erzeugt, daß gasförmige oder verdampfte flüssige Brennstoffe, wie Benzin usw. mit Luft gemischt in einem geschlossenen Raum verbrannt werden, wobei sich das Gasgemenge erhitzt, sein Volumen vergrößert und den Kolben vor sich her schiebt, der seine hin- und hergehende Bewegung in geeigneter Weise in eine rotierende



Arbeitsvorgang im Explosions-Motor nach dem Viertakt-System.

Dienste, wo mangels gepflasterter Straßen der durch den Verbrennungs- oder Elektromotor betriebene Kraftwagen ungeeignet ist, oder aber, wo sich infolge einer nicht hinreichenden Regelmäßigkeit des Verkehrs die Anlage von Schienenwegen für den Eisenbahnbetrieb nicht verlohnzt. Diese Fälle treffen besonders für die Kolonien zu.

Neuerdings verwendet man zur Erzeugung des Dampfes vielfach an Stelle der Kohlen oder des Kokses auch Kohlenwasserstoffe, wie Petroleum, Masut, Benzin u. dgl. Es liegt nun der Gedanke nahe, daß es wirtschaftlicher sei, anstatt die Kohlenwasserstoffe auf dem Umwege über den Dampf zum motorischen Antriebe zu benutzen, die Ver-

umsetzt. Man bezeichnet derartige Maschinen, bei denen die Verbrennungsgase das Treibmittel darstellen, auch als Gasmaschinen. Unter diesen ist es der Viertaktmotor, eine Erfindung des Ingenieurs Otto, der sich hauptsächlich zum Betriebe von Automobilen eingeführt hat. Die erste Anwendung der Gasmaschine zum Antrieb von Fahrzeugen ging von Benz und Daimler in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts aus.

Wir wollen ganz kurz an Hand der schematischen Zeichnung, auf der nur die wichtigsten Teile des Viertaktmotors dargestellt sind, dessen Arbeitsweise betrachten.

Wird das Schwungrad  $S$  und damit die Kurbel-

welle *W* des Motors in drehende Bewegung versetzt, so daß der Kolben *K* von seiner obersten Stellung im Zylinder *C* nach unten gezogen wird, so bildet sich im Zylinder ein Vakuum. In diesen Raum — den Gasraum *G* — tritt nun durch das mit „*E i n l a ß*“ bezeichnete, geöffnete Ventil ein Gemenge von fein verteiltem Brennstoff und atmosphärischer Luft ein. Dieses Gemenge wird dadurch erzeugt, daß atmosphärische Luft den links neben dem eigentlichen Motor befindlichen Vergaser durchstreicht, der den zu verbrennenden Kohlenwasserstoff enthält. Das ist der erste Takt oder die Saugperiode.

Durch weiteres Drehen der Kurbelwelle erfolgt die Aufwärtsbewegung des Kolbens. Das Einlaßventil schließt sich, und das eingesogene Gasgemisch wird durch Zusammendrücken verdichtet, bis der Kolben seine oberste Stellung wieder erreicht hat. Diese zweite Periode nennt man das Verdichten.

Das Gasgemisch ist nun für eine rasche, explosionsartige Entzündung vorbereitet. Durch plötzliche Zuführung von Wärme, die fast allgemein mit Hilfe eines elektrischen Funkens erfolgt, wird es zur Entzündung gebracht. Der dadurch entstehende Druck steigt fast augenblicklich auf das Vier- bis Fünffache. Der Kolben wird infolgedessen kräftig nach unten getrieben und leistet auf diesem Wege Arbeit. Dies ist der dritte Takt oder die eigentliche Arbeitsperiode.

Kurz bevor der Kolben seine unterste Stellung erreicht hat, öffnet sich nun das Auslaßventil, und während sich der Kolben wieder nach oben bewegt, werden die verbrannten Gase aus dem Zylinder ausgetrieben. Dies ist der vierte Takt oder die Auspuffperiode.

Die während des dritten Taktes, der eigentlichen Arbeitsperiode dem Schwungrad zugeführte Kraft erhält dasselbe während der drei folgenden Takte, d. h. während des vierten, ersten und zweiten in Bewegung, so daß sich die geschilderten Arbeitsvorgänge so lange wiederholen, bis der Zufluß des Kohlenwasserstoffe zum Vergaser aufhört, oder aber der Betrieb durch irgend einen anderen äußeren Einfluß gestört wird.

Als Treibmittel von Gasmaschinen im allgemeinen eignen sich gasförmige, flüssige und feste Kohlenwasserstoffe. Sollen sie jedoch in großen Mengen aufgespeichert und auf weite Entfernung mitgeführt werden, Verhältnisse, wie sie beim Automobil vorliegen, so kommen in erster Linie die flüssigen Kohlenwasserstoffe in Betracht. Diese zeichnen sich nämlich den gasförmigen Brennstoffen gegenüber durch ihre größere Wärmedichte,

d. h. die Wärmemenge der Raumeinheit, aus. Den festen Kohlenwasserstoffen gegenüber besitzen sie den Vorteil, daß es nur der Umwandlung eines Aggregatzustandes in einen zweiten bedarf, um sie für die Verbrennung im Motor geeignet zu machen. Die festen Kohlenwasserstoffe müssen nämlich zunächst in den flüssigen Zustand übergeführt werden, aus dem sie dann erst in den gasförmigen Zustand umgewandelt werden können.

Unter den flüssigen Kohlenwasserstoffen nun kommen für den Motorbetrieb folgende drei Arten in Betracht:

1. Aliphatische Kohlenwasserstoffe,
2. aromatische Kohlenwasserstoffe,
3. Alkohole.

Welche von diesen drei Arten wir verwenden, hängt in erster Linie von ihrem Preise ab. Die technischen Fragen kommen erst in zweiter Linie in Betracht, können jedoch, wie wir sehen werden, auch nicht ganz außer acht gelassen werden.

Die wichtigsten Gesichtspunkte technischer Art, nach denen wir die Kohlenwasserstoffe bezüglich ihrer Eignung zum Automobilbetriebe beurteilen, sind folgende:

1. Der Kohlenwasserstoff muß eine niedrige Entzündungstemperatur besitzen und möglichst ohne äußere Vorwärmung oder Heizung zum Zünden gebracht werden können.

2. Er muß seiner chemischen Natur nach möglichst gleichmäßig zusammengesetzt sein.

3. Er muß möglichst vollkommen, d. h. ohne erhebliche Rückstände, und möglichst geruchlos verbrennen.

Betrachten wir nun bei den verschiedenen Kohlenwasserstoffen, inwieweit einerseits die Preisfrage in der günstigsten Weise gelöst, andererseits die genannten technischen Anforderungen am besten erfüllt werden.

In der beifolgenden Tabelle sind von den hauptsächlich in Betracht kommenden Kohlenwasserstoffen die chemische Zusammensetzung, der untere Heizwert, der Verbrauch für eine PS-Stunde und der Preis für 100 kg angegeben. Die Preise können natürlich keinen Anspruch auf unbedingte Richtigkeit machen, da sie von der jeweiligen Marktlage abhängen. Um auch einen gasförmigen Brennstoff zum Vergleiche heranziehen zu können, ist das Acetylen in der Tabelle aufgeführt.

Brennstoff	C %	H %	O %	Unterer Heizwert Cal.	Verbrauch pro PS g	Preis pro 100 kg M
Benzin . . . . .	85	15	—	ca. 10 500	260—350	34.—
Petroleum . . . . .	—	—	—	ca. 10 300	360—400	17.—
Benzol· . . . . .	92,3	7,7	—	ca. 9 600	220—340	22.—
Naphthalin. . . . .	93,8	6,2	—	ca. 9 600	260—320	10.—
Spiritus . . . . .	52,2	13,0	34,8	ca. 6 000	360—400	28.—
Benzol-Spiritus . . . . .	—	—	—	ca. 7 580	250—320	25.—
Acetylen. . . . .	92,3	7,7	—	ca. 12 200	136	169.—

Unter den aliphatischen Kohlenwasserstoffen ist in erster Linie das Benzin zu nennen. Mit seiner Hilfe hat das Automobil seinen Siegeszug durch die Welt genommen. Es ist der Automobilbrennstoff par excellence und erfüllt in technischer Beziehung am vollkommensten die Anforderungen, die an einen zum Automobilbetriebe geeigneten Kohlenwasserstoff gestellt werden. Anders steht es mit der Preisfrage. Wie wir bereits gesehen haben, ist der Preis des Benzins im letzten Jahre so gestiegen, daß man ernsthaft bestrebt war, sich von der Alleinherrschaft, die es führte, zu befreien. Das starke Anziehen der Benzinpreise hängt natürlich mit dem gesteigerten Verbrauch zusammen. Der Benzinverbrauch Deutschlands wird für das laufende Jahr auf etwa 120 000 t veranschlagt. Die jährliche Zunahme des Verbrauches schätzt man auf etwa 20%. Von den genannten 120 000 t werden etwa 70 000 t von den Wäschereien, den Gummifabriken und Fetteextraktionsbetrieben, ferner als Terpentinersatz usw. verbraucht, so daß der Verbrauch für Automobile sich auf etwa 50 000 t stellt. Ob die Preissteigerung des Benzins nun auf eine Knappeit des Petroleums zurückzuführen ist, erscheint zweifelhaft. Denn bei einem flüssigen, aus Quellen entspringenden Naturprodukte ist man ja überhaupt nicht in der Lage, die noch vorhandenen Mengen auch nur annähernd abzuschätzen, wie dies beispielsweise beim Salpeter geschieht.

Es scheint vielmehr, daß die Beschaffung von leichtem Benzin, das sich am besten für den Automobilbetrieb eignet, auf die Dauer nicht mit der ständig zunehmenden Nachfrage Schritt halten kann. Dies liegt daran, daß Amerika, früher der hauptsächlichste Versorger Deutschlands mit einem Rohprodukte, das eine verhältnismäßig große Menge Leichtbenzin (etwa 10%) enthielt, als Lieferungsland auf dem deutschen Benzinmarkte fast vollkommen verschwunden ist. Niederländisch-Indien, Russland, Galizien und vor allen Dingen Rumänien kommen neuerdings als Hauptlieferanten des Rohproduktes in Betracht. Das in diesen Ländern gewonnene Produkt, insbesondere das aus Niederländisch-Indien stammende, besitzt nun einen bedeutend geringeren Gehalt an Leichtbenzin als das amerikanische. Hierzu kommt noch, daß sich für die Petroleumindustrie bei der ständig zunehmenden Nachfrage nach leichtem Benzin die mißliche Lage ergibt, einen großen Überschuß von teils dickflüssigen, teils festen Produkten zu erhalten, für die sich bisher kein genügender Absatz finden ließ. Ob der Automobilismus indirekt für diese Produkte dadurch ein Absatzgebiet schaffen wird, daß man sie zur Beseitigung des Straßenstaubes verwendet, diese Frage scheint noch nicht gelöst zu sein.

Es ist daher naturgemäß, daß das Bestreben der Petroleuminteressenten und der Benzinfabrikanten dahin geht, das Raffinieren des Rohpetroleum zu leichtem Automobilbenzin nach Möglichkeit einzuschränken und zu versuchen, auch schwere Benzinsorten und das Rohpetroleum selbst für die Verbrennung im Explosionsmotor einzuführen. Es sei hier nur an die verschiedenen schweren Benzinsorten, die neuerdings von den Fabrikanten unter besonderem Namen in den Handel gebracht werden, erinnert: Autonaphth, Motonaphth, Borne-

oxin, Motorin und andere. Diese Benzine, die ein spez. Gew. von etwa 0,750—0,770 besitzen, können, ganz abgesehen von den oben angeführten Gründen, schon dadurch von den Raffinerien wesentlich billiger geliefert werden, daß ein bedeutend geringerer Zoll auf ihnen lastet. Während für leichtes Benzin, das bis 120° siedet, ein Zoll von etwa 7,75 M zu zahlen ist, beträgt der Zoll für die in der Mineralölzollordnung mit „Schwerbenzin“ bezeichneten Sorten nur M 2 für 100 kg, sofern die Verwendung zum Motorenbetriebe unter Kontrolle der Steuerbehörde gestellt wird.

Neuerdings versucht man, anscheinend nach einem anderen als den bisher üblichen Destillationsverfahren, das Rohpetroleum zu raffinieren, um einen leichten Kohlenwasserstoff daraus herzustellen und gleichzeitig einen Terpentinersatz zu gewinnen. Dieses Produkt soll unter dem Namen „Rapidin“ in den Handel gebracht werden. Über das Herstellungsverfahren ist bisher noch nichts bekannt geworden, auch hat man mit der fabrikmäßigen Herstellung, die in Birkenwerder bei Berlin erfolgen soll, noch nicht begonnen.

Was nun die Beschaffenheit des Automobilbenzins betrifft, so ist sie je nach seiner Herkunft eine recht verschiedene. So sind z. B. die spezifischen Gewichte der Fraktionen aus russischem Rohöl wesentlich höher als die der entsprechenden Fraktionen der Erdöle amerikanischen Ursprungs, wobei trotzdem der gleiche Siedepunkt vorhanden sein kann. Es folgt daraus, daß eine Prüfung des Benzins ausschließlich auf sein spez. Gewicht keinen genügenden Anhalt dafür bietet, ob es sich besonders für den Automobilbetrieb eignet oder nicht. Die Angabe der „unteren“ und „oberen“ Siedegrenze wäre daher ein wesentlich besserer und wichtiger Maßstab für die Beurteilung der Eigenschaften eines Benzins für den Automobilbetrieb. Bis vor kurzem wurde das Automobilbenzin fast ausschließlich nach dem spezifischen Gewichte verkauft. Neuerdings jedoch wird seitens der Benzinfabrikanten keinerlei Garantie bezüglich des spezifischen Gewichts mehr geleistet. Wenn dies nun auch durchaus berechtigt erscheinen mag, so wäre es doch wünschenswert, daß die Siedepunkte angegeben würden, was aber bisher nicht der Fall ist.

Die Gründe, weshalb man dem leichten Benzin den Vorzug vor dem schweren gibt, sind technischer Art. Wesentlich für die Erzielung einer vollkommenen Verbrennung beim Explosionsmotor ist die Bildung eines stets gleichmäßigen Benzin-Luftgemisches. Die Bestandteile des Schwerbenzins besitzen nun nicht alle den gleichen Flüchtigkeitsgrad. Dem entsprechend werden beim Hindurchleiten von Luft durch den gesamten Benzinvorrat zunächst alle leicht flüchtigen, und wenn diese verbraucht sind, die schwerer flüchtigen Bestandteile von der Luft mitgeführt werden. Eine stets gleichmäßige Zusammensetzung des Explosionsgemisches läßt sich folglich umso weniger erreichen, je ungleichartiger die Zusammensetzung des Benzins ist. Der Siedepunkt der Kohlenwasserstoffe spielt daher insofern eine sehr wesentliche Rolle für ihre leichte Vergasung, als bei einem sehr hohen Siedepunkte die Dämpfe naturgemäß um so schwerer sind, und eine gleichmäßige Mi-

schung mit der Luft desto schwieriger erfolgen kann. Die Folge hiervon ist eine mehr oder weniger vollkommene Verbrennung im Verbrennungsmotor.

Der Gedanke, an Stelle der Destillationsprodukte des Petroleums das Petroleum selbst zum Betriebe des Automobilmotors zu verwenden, ist natürlich der Lieblingswunsch der Petroleuminteressenten. Doch stehen seiner Durchführung technische Schwierigkeiten entgegen, die bisher noch nicht in einwandfreier Weise überwunden sind. Eine unmittelbare Vergasung des Petroleums auf kaltem Wege in der gleichen Weise, wie sie beim Benzin erfolgt, ist wegen seines hohen Siedepunktes nicht möglich. Es bedarf vielmehr besonderer Heizvorrichtungen, mit deren Hilfe das Petroleum auf eine genügende Temperatur gebracht wird, um vergast werden zu können.

Petroleum destilliert erst bei 170—250°; es muß also vor der Entzündung auf mindestens 250° erhitzt werden. Dies kann entweder im Vergaser selbst geschehen — sei es durch die Auspuffgase, deren Temperatur zwischen 400 und 500° liegt, sei es durch einen besonderen Brenner — oder auch im Zylinder mittels hoher Kompression. Ferner ist die Zuführung größerer Luftmengen für die Verbrennung erforderlich und eine möglichst geringe Abkühlung der Zylinder, um eine Kondensation des Petroleums zu verhindern.

Von den aliphatischen Kohlenwasserstoffen kommen außer dem Petroleum und seinen Derivaten noch die Destillate des Braunkohrenteers für den motorischen Betrieb in Betracht. Diese letzteren, die einen wesentlich höheren Siedepunkt als die Erdöldestillate aufweisen, sind allerdings bisher fast ausschließlich zum Betriebe stationärer Motoren wie z. B. des Diesel- und Trinkler-Motors verwandt worden. Wenn es aber gelingt, die hochsiedenden schweren Braunkohrenteöle mit Hilfe des Kreyschen Verfahrens, d. h. durch Destillation unter Druck, unter gleichzeitiger Erniedrigung des Siedepunktes in leichtere umzuwandeln, dann würden hierdurch fast unbegrenzte Mengen eines einheimischen, billigen Brennstoffes zur Verfügung gestellt werden können.

Alle genannten aliphatischen Kohlenwasserstoffe besitzen etwa den gleichen Heizwert, d. h. ungefähr 10 000 Cal.

Wir kommen nun zur Betrachtung der aromatischen Kohlenwasserstoffe. Was das Benzol anbelangt, so steht es im Preise zurzeit wenigstens wesentlich günstiger als das Benzin; 100 kg kosten 22 M. Dies ist der Hauptgrund, aus dem es neuerdings als Brennstoff in den Vordergrund des Interesses gerückt ist. Au einem vollständigen Erfatz des Benzins durch Benzol wird allerdings selbst seitens des Benzolsyndikates, der „Deutschen Benzolvereinigung“ nicht gedacht. Wie wir bereits gesehen hatten, beträgt der Gesamtverbrauch Deutschlands an Benzin für automobile Zwecke 50 000 t. Da die Ökonomie des Benzols eine geringere als die des Benzins ist — nach den Angaben der Daimler-Motoren-Gesellschaft verhält sich die Ökonomie des Benzins zu der des Benzols wie 52 : 57, wenn man für Benzin 52 setzt —, so würden demnach etwa 60 000 t Benzol erforderlich sein, um allein den Bedarf für Automobile zu decken. Die Gesamtproduktion an Benzol beträgt aber in

Deutschland zurzeit nicht mehr als etwa 60 000 bis 75 000 t. Es sind allerdings im abgelaufenen Jahre eine ganze Anzahl von Neuanlagen von Koksöfen errichtet worden, bei denen auch die Nebenprodukte gewonnen werden. Über die Erweiterung der hiermit verbundenen Benzolproduktion waren keine zahlenmäßigen Angaben erhältlich. Es scheint jedoch, als ob man das Benzol nur für den Betrieb von Nutzfahrzeugen in den Großstädten einführen will, da keinerlei Vorkehrungen zu seiner Verwendung außerhalb derselben getroffen werden. Die über ganz Deutschland verteilten Benzinstationen werden voraussichtlich noch im Laufe dieses Jahres die Zahl von etwa 11 000 erreichen, wovon ca. 6000 auf die „Deutsch-Amerikanische Petroleum-Gesellschaft“ und die „Vereinigten Benzinfabriken“ entfallen, während ca. 5000 seitens der „Deutschen Benzini- und Ölwerke“ in Regensburg in der Errichtung begriffen sind. Demgegenüber stehen nach dem Prospekt der Daimler-Motoren-Gesellschaft insgesamt 14 Benzolstationen.

Was nun die technische Eignung des Benzols für den Automobilbetrieb anlangt, so besitzt es den meist nicht einheitlich zusammengesetzten aliphatischen schweren Kohlenwasserstoffen gegenüber den Vorteil einer stets gleichmäßigen Zusammensetzung. Ein weiterer Vorzug des Benzols sowie überhaupt aller aromatischen Kohlenwasserstoffe im Vergleich zu den aliphatischen besteht darin, daß man mit höherer Kompression arbeiten kann, was stets einen besseren Wirkungsgrad des Motors zur Folge hat. Überschreitet man bei den aliphatischen Kohlenwasserstoffen die Kompression von 5 Atmosphären, so treten Frühzündungen ein, die Steinkohlenteer-Kohlenwasserstoffe halten dagegen in gasförmigem Zustande und mit Luft gemischt einen mindestens doppelt so hohen Druck im Explosionsmotor aus, ohne zu explodieren. Dieses Verhalten der aliphatischen Kohlenwasserstoffe einerseits und der aromatischen Kohlenwasserstoffe andererseits scheint in ihrer chemischen Beschaffenheit begründet zu sein. Während die aliphatischen Kohlenwasserstoffe leicht in kleine Bruchteile zersprengbar sind, besitzen die aromatischen im Gegensatz hierzu den schwer zersprengbaren Benzolring. Aber nicht nur aus ihrer Konstitution, auch aus ihrer chemischen Zusammensetzung läßt sich dieses verschiedene Verhalten erklären. Während die aliphatischen Kohlenwasserstoffe einen Gehalt von etwa 14—15% Wasserstoff aufweisen, besitzen die Kohlenwasserstoffe der aromatischen Reihe nur einen Gehalt von etwa 7% Wasserstoff, d. h. also nur die Hälfte des Wasserstoffgehaltes der aliphatischen Kohlenwasserstoffe. Je reicher aber ein Kohlenwasserstoff an Wasserstoff ist, um so größer ist seine Verflüchtigungs- und Zündfähigkeit. Hieraus folgt wiederum, daß die Größe der Kompression im umgekehrten Verhältnis zu dem Wasserstoffgehalt der Kohlenwasserstoffe steht.

Trotz dieser Vorteile bereitete es bisher Schwierigkeiten, das Benzol in einwandfreier und möglichst vollständiger Weise im Automobilmotor zu verbrennen. Es schied sich nämlich häufig an den Organen des Motors infolge ungenügender Verbrennung Kohlenstoff in Form von Ruß aus, der

sich dann mit dem Schmieröle vermengte. Infolgedessen waren Betriebsstörungen und ein häufiges Reinigen der Ventile nicht zu vermeiden. Diese Übelstände waren jedoch nur so lange vorhanden, als man zum Betriebe mit Benzol einen Benzinvergaser verwendete. Nachdem man erkannt hatte, daß das Benzol wegen seiner anderen Eigenschaften auch andere Mittel zur zweckmäßigen Verbrennung benötigte, daß insbesondere die Zufuhr und die Regelung der Luft beim Benzol in anderer Weise als beim Benzin erfolgen müsse, ist es einer ganzen Anzahl von Konstrukteuren gelungen, geeignete Benzolvergaser zu bauen.

Von den Nachteilen des Benzols ist zu erwähnen, daß es infolge seines hohen Erstarrungspunktes in der kalten Jahreszeit leicht zu Betriebsstörungen Veranlassung geben kann. Hat das Benzol einmal seinen kristallinischen Zustand angenommen, dann geht es erst bei +7 bis 8° wieder in den flüssigen über. Der Gefahr des Gefrierens des Benzols ließ sich vielleicht dadurch begegnen, daß der Benzolbehälter in der Nähe des Motors angebracht oder durch die Auspuffgase erwärmt würde.

Ein weiterer Nachteil des Benzols besteht in seinen schwefelhaltigen Verunreinigungen, von denen hauptsächlich Thiophen und Schwefelkohlenstoff in Betracht kommen. Bei der Verbrennung dieser schwefelhaltigen Produkte im Motor können sich leicht schweflige Säure oder auch Schwefelsäure bilden, die die Organe des Motors angreifen. Es besteht ja allerdings auch hier die Möglichkeit, diesen Übelstand zu beseitigen, indem man das Benzol von den schwefelhaltigen Produkten reinigt. Eine derartige Behandlung würde aber zweifellos den Preis des Benzols erhöhen.

Als weiterer Vertreter der aromatischen Kohlenwasserstoffe, die für den motorischen Betrieb in Betracht kommen, ist das Naphthalin zu nennen. Sein außerordentlich geringer Preis — es kostet etwa die Hälfte des Benzols und ungefähr den vierten Teil des Benzin — scheint ihm ohne weiteres einen bevorzugten Platz unter den Brennstoffen zu verleihen. Auch hinsichtlich seiner Produktion liegen die Verhältnisse für das Naphthalin außerordentlich günstig. Während der Steinkohlensteine im allgemeinen nur etwa 0,5% Benzol enthält, beträgt sein Gehalt an Naphthalin 7—9%.

In technischer Beziehung besteht allerdings die Schwierigkeit, daß das Naphthalin als fester Kohlenwasserstoff zunächst in den flüssigen übergeführt werden muß, ehe es vergast werden kann. Hieraus ergibt sich von vornherein das Fehlen der Betriebsbereitschaft. Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, daß das Naphthalin, sobald der Motor außer Betrieb gesetzt wird, sehr leicht wieder erstarrt und infolgedessen unter Umständen die Brennstoffleitungen verstopfen kann. Immerhin scheint es, als ob diese Schwierigkeiten doch nicht unüberwindlich seien. Schon im Jahre 1904 haben die französischen Konstrukteure Chénier und Lion einen Automotormotor für die Verwendung von Naphthalin konstruiert. Abweichend von dem gewöhnlichen Vergaser, der aus einem Hauptteil besteht, haben sie einen aus zwei durch eine Röhre voneinander getrennten Teilen bestehenden Vergaser benutzt. Sie verwandten das Naphthalin in Form von Kugeln, die aus einem Gefäß

durch eine Öffnung in einen zweiten Behälter fielen, der seinerseits durch die Auspuffgase erwärmt wurde.

Für den Betrieb von stationären Motoren bietet die Verwendung von Naphthalin anscheinend überhaupt keine Schwierigkeiten mehr. Ich möchte nur an den Naphthalinmotor der Deutzer Gas-motorenfabrik erinnern, der im letzten Sommer auf der „Erfindungsaustellung“ zu sehen war. Es war ein gewöhnlicher Ottomotor, der durch den Anbau einiger Hilfsapparate direkt zum Betriebe mit Naphthalin eingerichtet war. Der Betrieb dieser Maschine gestaltet sich so, daß zunächst mit einem anderen flüssigen Brennstoff so lange gearbeitet wird, bis ein Wasserbad zum Kochen kommt, durch das das Naphthalin in den flüssigen Zustand übergeführt wird.

Man sollte nun meinen, daß das Naphthalin infolge seines hohen Kohlenstoffgehaltes noch weit stärker als das Benzol zu einer rußenden Verbrennung im Motor neige. Dies ist jedoch nicht der Fall. Die Ventile und die Laufflächen des Kolbens bleiben vielmehr rein und dicht. Der Auspuff ist praktisch rußfrei. Die Ursache dieser anscheinend sich widersprechenden Erscheinungen liegt wohl darin, daß das Naphthalin bereits bei Schmelztemperatur eine recht beträchtliche Dampftension besitzt. Die üblichen Zerstäubeeinrichtungen schaffen nun ein intensives Gemisch von Flüssigkeitsteilchen, die wie ein Nebel in der angesaugten Luft verteilt sind. Jedes dieser Teilchen für sich umgibt sich infolge der hohen Dampftension mit einem Dampfschleier, der die Zündung leicht überträgt. Die für jeden Explosionsmotor unerlässliche Bedingung der schnellen Entflammung der Gesamtladung liegt also hier sehr günstig.

Wenn nun auch für die Verwendung des Naphthalins im Automobilbetriebe noch einige Schwierigkeiten vorhanden sein mögen, so besitzt es doch noch außer seinem niedrigen Preise eine ganze Reihe von Vorzügen, die es als Brennstoff recht beachtentwert erscheinen lassen. So kann es in fester Form gehandelt und transportiert werden; seine Lagerung ist daher außerordentlich bequem und mit keiner Explosionsgefahr verbunden.

Verlassen wir jetzt die eigentlichen Kohlenwasserstoffe und wenden uns zu ihren sauerstoffhaltigen Substitutionsprodukten, den Alkoholen. Unter ihnen kommt wohl nur der Spiritus in Betracht. Was die Vorteile anlangt, die der Landwirtschaft aus einer gesteigerten Verwertung des Spiritus erwachsen würden, darüber ist schon so viel gesagt worden, daß es wohl überflüssig ist, an dieser Stelle nochmals darauf einzugehen.

Die Produktion an Spiritus betrug in Deutschland während der letzten Kampagne etwa 450 Mill. Liter. 1100 Mill. Liter beträgt heute der Petroleumverbrauch Deutschlands in Abhängigkeit vom Auslande, aber schon heute werden etwa ein Zehntel davon, 100 Mill. Liter, jährlich durch deutschen Spiritus ersetzt. Die Spiritusproduktion entspricht aber nicht nur dem Bedarfe, sondern es werden dauernd neue Verwendungsgebiete gesucht und auch mit Erfolg betreten.

Auch im Auslande beschäftigt man sich eifrig

mit der Verwertung des Spiritus zu technischen Zwecken. Während man in Frankreich bereits seit der Einführung des Explosionsmotors der Vergasung des Spiritus besondere Aufmerksamkeit widmete, ist man in England dieser Frage erst ganz neuerdings mit erhöhtem Interesse näher getreten. Es ist die Bildung eines „National-Alkohol-komitees“ angeregt worden, das den Zweck verfolgt, von dem Parlamente die Steuerfreiheit von solchem Alkohol zu erlangen, der nur zu industriellen Zwecken verwertet wird. Gleichzeitig soll das Komitee den Bau leichter Spiritusmotoren veranlassen. Aber auch in Amerika, wo das Benzin als einheimisches Erzeugnis weniger als die Hälfte kostet wie bei uns in Deutschland, hat man in der letzten Zeit, infolge eines die Verwendung von Spiritus für gewerbliche Zwecke betreffenden Gesetzes, den Spiritus als Treibmittel für Automobile ernstlich in Betracht gezogen.

In seinem Preise steht der Spiritus allerdings in Deutschland augenblicklich so hoch, daß er nicht mit den übrigen Kohlenwasserstoffen in erfolgreichen Wettbewerb treten kann. Zurzeit läßt sich auch noch nicht voraussagen, ob dieser Preis eine Änderung erfahren wird, da dies davon abhängig ist, ob das Spiritusmonopol eingeführt werden wird oder nicht.

In seinem Verhalten bei der Verbrennung im Explosionsmotor unterscheidet sich der Spiritus sehr wesentlich von den aliphatischen und den aromatischen Kohlenwasserstoffen. Sein Sauerstoffgehalt ist dabei von maßgebendem Einflusse. Der im Spiritus an Sauerstoff gebundene Teil des Kohlenwasserstoffs ist gewissermaßen bereits verbrannt. Die Folge hiervon ist, daß vermöge dieses Sauerstoffgehaltes der Heizwert des Spiritus wesentlich niedriger ist, als der der sauerstofffreien Kohlenwasserstoffe. Er beträgt nur etwa 6000 Cal.

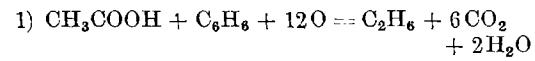
Beim Betriebe von stationären Motoren hat sich der Spiritus in Deutschland bisher in über 3000 Anlagen ohne jeden Anstand bewährt. Für den Automobilbetrieb dagegen besteht ein Nachteil in seiner schweren Vergasbarkeit; der Motor kann mit ihm nicht ohne weiteres angelassen werden. Es bilden sich ferner bei einer unvollkommenen Verbrennung leicht Aldehyd und Essigsäure, welch' letztere ein Verrostern der Metallteile hervorrufen kann. Dieser Nachteil kann allerdings vermieden werden, wenn die Vergasung mit genügender Vorwärmung stattfindet, und eine möglichst vollständige Verbrennung erreicht wird. Die zur Verbrennung nötige Luftmenge ist jedoch begrenzt, weil bei einem allzu großen Überschusse das Spiritus-Luftgemenge nur schwer zur Entzündung kommt. Auch hier spielt demnach, in ähnlicher Weise wie beim Benzol, die Zufuhr, sowie die Regulierung der Luft eine große Rolle. Es bedarf auch hier eines besonderen, der Eigenart des Spiritus angepaßten Vergasers.

Als Vorteile des Spiritusbetriebes müssen der verhältnismäßig unbedeutende Geruch bei der Verbrennung und die verminderte Feuergefährlichkeit bezeichnet werden. Ferner ist sein thermischer Wirkungsgrad bei einem zweckmäßig gebauten Motor fast doppelt so groß als der des Benzin. Dieser hohe Wirkungsgrad ist eine direkte Folge der hohen Kompression, die man anwenden kann,

soweit es die Konstruktion des Motors und die Explosibilität des Gemisches zulassen.

Wesentlich günstiger und erfolgreicher stellt sich die Brauchbarkeit von Spiritus, wenn man ihn nicht als alleinigen Brennstoff, sondern im Gemische mit Kohlenwasserstoffen, z. B. Benzol, verwendet. Durch den Zusatz von Benzol wird sowohl die Zündfähigkeit als der Heizwert des Spiritus wesentlich erhöht. Die Leistung steigt also, während der Brennstoffverbrauch vermindert wird. Auch die Bildung der Essigsäure wird durch den Benzolzusatz aufgehoben. Das Benzol wirkt hier nämlich als Reduktionsmittel, indem der bei der Oxydation des Spiritus intermediär gebildeten Essigsäure der Sauerstoff entzogen wird; hierbei entsteht als Zwischenprodukt Äthan, das dann bei der Oxydation unmittelbar zu Kohlensäure und Wasser verbrannt wird.

Diese Vorgänge vollziehen sich nach folgenden Gleichungen :



Das Benzol-Spiritusgemisch hat sich bis jetzt im praktischen Betriebe, selbst bei großer Kälte, gut bewährt. Eingehende, von Fehrmann im Auftrage des „Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes“ angestellte Untersuchungen haben gleichfalls unter anderem die Brauchbarkeit des Benzol-Spiritusgemisches erwiesen. Wie aus dem Berichte des im Dezember vorigen Jahres in Paris abgehaltenen internationalen Spirituskongresses hervorgeht, hatten die Pariser Automobilomnibusse bis zu jenem Zeitpunkte mit dem Benzol-Spiritusgemisch insgesamt 3,57 Mill. km zurückgelegt und dabei 22 000 hl dieses in Paris „Motoline“ genannten Brennstoffs verbraucht. Im Vergleich zum Benzin ist hierbei eine Ersparnis von 310 000 Frs. erzielt worden.

Man hat auch vorgeschlagen, Mischungen von Spiritus und Petroleum herzustellen, um sie als Treibmittel zu verwenden. Nach einem Verfahren der A.-G. Xylolose in Zawadzki wird eine Mischung von Spiritus und Petroleum mit Essigäther, Aceton oder dgl. versetzt, um den Spiritus für den Kohlenwasserstoff auflösungsfähig zu machen und dadurch die Herstellung eines gleichartigen Gemisches zu ermöglichen.

Nach einem anderen Verfahren von Guttmann, Herzfeld und Beer wird Petroleum in Spiritus dadurch löslich gemacht, daß dem Gemisch Benzol und, um die Löslichkeit noch weiter zu steigern, nötigenfalls noch Naphthalin zugesetzt wird.

Wir wollen unsere Betrachtung über den Spiritus nicht schließen, ohne einige der zahlreichen Zusätze zu erwähnen, die vorgeschlagen wurden, um seine Explosionsfähigkeit zu erhöhen. Wenn auch die Verwendung dieser Zusätze zumeist auch für Benzin beansprucht worden ist, so dürften sie praktisch wohl in erster Linie für Spiritus in Betracht kommen.

Schon vor einer Reihe von Jahren ist die Pikrinsäure als Zusatz zu Brennstoffen vorgeschlagen

worden. Die Verwendung dieses Körpers hält aber einer genaueren Prüfung nicht Stand. Wenn auch die chemisch reine Pikrinsäure die Metalle nicht angreift, so verhält sich dieselbe doch wie eine Säure, sobald sie Wasser enthält. In der Praxis kann aber die Pikrinsäure nur in wasserhaltigem Alkohol aufgelöst werden, und unter diesen Umständen bildet sie mit Metallen äußerst gefährliche Pikrate, die die Verwendung dieses brisanten Stoffs unmöglich machen.

Nach einem Verfahren von Frédéric de Mare in Brüssel sollen diese Übelstände bei Verwendung von Nitrobenzol als Zusatz zum Spiritus vermieden werden.

Von besonderem Interesse dürften die verschiedenen Verfahren sein, die von dem aus der Sprengstofftechnik bekannten Dr. Roth in Frankfurt herrühren. Er schlägt u. a. vor, Alkohole oder Kohlenwasserstoffe oder Gemische beider durch Zusatz von Sauerstoffträgern leistungsfähiger zu machen, indem den Treibmitteln Ammoniumnitrat allein oder in Gemeinschaft mit Salpetersäure-estern oder Nitroverbindungen der Benzolderivate zugesetzt wird.

Nach einem anderen Verfahren des Dr. Roth werden die Brennstoffe durch Zuführung von Acetylen zündungsfähiger und stoßkräftiger gemacht.

Ein gemeinsamer Nachteil aller dieser Zusätze liegt darin, daß es Schwierigkeiten bereiten wird, mit ihnen versetzte Brennstoffe auch an fremden Orten und besonders bei weiten Reisen zu erhalten. Auch wird der Preis des Brennstoffs durch derartige Zusätze nicht unerheblich verteuert.

Vom technischen Standpunkte aus hat der Zusatz von Salzen, wie Ammoniumnitrat, den Nachteil, daß unter Umständen eine Entmischung eintritt, und das Salz sich in fester Form ausscheidet. Hierzu kommt, daß der Gehalt der Auspuffgase an nitrosen Dämpfen gesteigert wird, wodurch die Metallteile, mit denen diese in Berührung kommen, angegriffen werden. Ganz vermeiden läßt sich übrigens die Bildung solcher Dämpfe auch bei den mit gewöhnlichen Kohlenwasserstoffen betriebenen Explosionsmotoren nicht, da bei der hohen Explosionstemperatur stets eine teilweise Verbrennung des Luftstickstoffs zu salpetriger Säure und Salpetersäure stattfindet.

Frei von den erwähnten Nachteilen dürfte wohl nur der Zusatz von gasförmigem Acetylen sein. Die Vermischung von Spiritus mit Acetylen ist außer von Dr. Roth auch noch von verschiedenen anderen Seiten vorgeschlagen worden. So bringen die Amerikaner White und Barker einen Sprühregen von fein zerstäubtem, verdünntem Alkohol mit Calciumcarbid in Berührung, wobei sich ein explosiver Dampf, Alkohol in genannt, bildet. Dieser Brennstoff ist demnach ein Gemenge von Luft, Alkoholdampf und Acetylengas. Dieses Verfahren, das außer in Amerika auch in Frankreich ziemlich viel von sich reden machte, dürfte jedoch insofern wenig zweckmäßig sein, als die Entwicklung des Acetylens aus dem Carbid auf dem Wagen selbst erfolgt. Hierbei wird sich aber, ganz abgesehen von dem hohen Gewicht, das dieses Mitführen des Carbids bedingt, noch der weitere Nachteil herausstellen, daß sich das Acetylen unregelmäßig

entwickelt, ganz besonders, wenn noch die Erschütterungen der Fahrt hinzukommen.

Wie Sie sehen, ist man überall eifrig bei der Arbeit, um einen zweckmäßigen und zugleich billigen Automobilbrennstoff herzustellen. Welch hohe Bedeutung man in automobilistischen Kreisen der Brennstofffrage beilegt, mögen Sie daraus ersehen, daß der französische Automobilklub zusammen mit einigen Interessenten einen Preis von etwa 45 000 Frs. ausgesetzt hat. Verlangt wird ein billiger, leicht beschaffbarer Brennstoff, sowie eine Vorrichtung zu dessen Vergasung, die beide möglichst bei allen Motorsystemen verwendbar sein sollen.

Werfen wir jetzt nochmals einen Blick auf die bisher betrachteten flüssigen und festen Kohlenwasserstoffe, und fragen wir uns, ob bei ihrer Verwendung als Automobilbrennstoff eine der wichtigsten Anforderungen, die wir an einen solchen zu stellen haben, nämlich die möglichst vollkommene und daher auch möglichst geruchlose Verbrennung erfüllt ist, so müssen wir diese Frage verneinen. Man ist allerdings durch die Erfahrungen, die man bei der Verwendung anderer Brennstoffe als des Benzin gemacht hat, zu der Überzeugung gelangt, daß für jeden Brennstoff ein seiner Eigenart angepaßter Vergaser benutzt werden muß, um die Menge und die Zufuhr der zur Verbrennung erforderlichen Luft in geeigneter Weise zu regulieren. Dies erscheint uns sofort ganz natürlich, wenn wir einmal die Verwendung verschiedener Brennstoffe für andere Zwecke, z. B. für die Beleuchtung, betrachten.

Wie der Brenner einer Petroleumlampe anders ausgebildet ist, als der einer Spirituslampe, wie sich die Konstruktion eines Leuchtgasbrenners wesentlich von der eines Acetylenbrenners unterscheidet, so muß auch der Verbrennungsmotor der Natur des zum Betriebe verwendeten Brennstoffs angepaßt sein. Bisher hat man aber die besondere, für einen bestimmten Brennstoff geeignete Vergaserkonstruktion meist auf rein empirischem Wege zu ermitteln gesucht. An dieser Stelle könnte nun die Arbeit des Chemikers einsetzen, durch die er den Automobiltechniker wirksam unterstützen würde. Durch systematische, gasanalytische qualitative und quantitative Untersuchungen der Auspuffgase bei den verschiedenen Brennstoffen würde man sicherlich recht wertvolle Anhaltspunkte dafür erhalten, inwieweit eine Verbrennung des Brennstoffs erreicht ist. Um nochmals den Vergleich mit den zu Leuchtzwecken dienenden Brennstoffen heranzuziehen, möchte ich einen der wichtigsten Sätze aus Stepanoffs „Theorie der Leuchtöl-lampe“ anführen. Er lautet:

„Über die Leistungsfähigkeit einer Lampe gibt vor allem die Analyse der abziehenden Gase Aufschluß.“

Das Gleiche dürfte mutatis mutandis auch für die Leistungsfähigkeit des Motors gelten.

Es sei an dieser Stelle noch der Versuche gedacht, bei denen man sich mit der Unvollständigkeit der Verbrennung im Explosionsmotor anscheinend abgefunden und damit begnügt hat, die durch die unvollkommene Verbrennung hervorgerufenen Übelstände, d. h. den unangenehmen Auspuff, geruchlos zu machen. Von den vielen bisher zu diesem Zwecke vorgeschlagenen Verfahren möchte

ich nur drei erwähnen, die sich untereinander prinzipiell unterscheiden.

Das erste ist anscheinend auf den Gedanken eines Konstrukteurs zurückzuführen, der den Chemiker nicht um Rat gefragt hat. Nach diesem Verfahren wird der Brennstoff unmittelbar mit einem wohlriechenden Stoff, z. B. Lavendelöl, vermischt. Welchen Einfluß eine derartige Beimischung auf die geruchlose Verbrennung haben soll, ist jedoch nicht einzusehen.

Das zweite Verfahren, das ich anführen will, besteht darin, daß die Auspuffgase vor ihrem Austritt ins Freie von irgend einer in einem Behälter befindlichen Flüssigkeit absorbiert werden. Hierbei sind jedoch nicht die großen Gasmengen berücksichtigt, die bei jeder Explosion entstehen, auch nicht der Umstand, daß die geruchlosen Verbrennungsgase auf diesem Wege ebenfalls zum Teil absorbiert werden, sowie daß das bei der Verbrennung sich bildende Wasser kondensiert wird und unter Umständen gleichfalls den Behälter anfüllt.

Nach einem dritten Verfahren endlich wird die Eigenschaft des Platinschwammes, Gase zu verdichten und zur Entzündung zu bringen, verwertet, indem die Auspuffgase durch ein mit Platinschwamm gefülltes Rohr geleitet werden.

Wir haben bisher die flüssigen und die festen Kohlenwasserstoffe betrachtet und dabei gesehen, daß die Erzielung einer geeigneten Vergasung gewisse Schwierigkeiten bereitet. Es liegt daher der Gedanke nahe, auch im Automobilmotor unmittelbar Gas zu verbrennen, ihn als eigentliche Gasmaschine auszubilden, mit anderen Worten, die Umwandlung des festen oder flüssigen Aggregatzustandes in den gasförmigen zu vermeiden. Wie bereits erwähnt, spielt für den ortsbeweglichen Motor die Wärmedichte des Brennstoffs eine außerordentlich große Rolle. Diese ist jedoch bei den Gasen sehr gering. Sie läßt sich allerdings durch Kompression erhöhen, doch ist auch hiermit eine Gleichwertigkeit mit den flüssigen Kohlenwasserstoffen nicht annähernd zu erreichen. So müßte z. B. Leuchtgas auf 1700 Atmosphären komprimiert werden, um den Wärmegehalt eines gleichen Volumens Petroleum zu erreichen. Hierzu kommt, daß sich Leuchtgas bei hoher Kompression teilweise verflüssigt, so daß man ein ungleichmäßiges Brennstoffgemisch erhalten würde.

Günstiger liegen die Verhältnisse beim Acetylen, das thermodynamisch von allen in Betracht kommenden Treibmitteln an erster Stelle steht. Sein Heizwert beträgt 12 200 Cal. Außerdem besitzen wir in dem „Acetylène dissous“ eine außerordentlich handliche Form. Dasselbe wird nach dem Verfahren von Claude & Hess so hergestellt, daß man die große Aufnahmefähigkeit des Acetons für Acetylen benutzt, um Acetylen in mit Aceton gefüllten Stahlflaschen zu kondensieren. Ein Liter Aceton nimmt unter einem Drucke von 12 Atmosphären etwa 300 l Acetylengas auf, also ungefähr die aus einem Kilogramm Carbid erhaltene Menge.

Man hat auch bereits Motoren mit Acetylen betrieben, doch hat bisher der hohe Preis seine Einführung in den praktischen Motorenbetrieb nicht gestattet.

Die bisher betrachteten Treibmittel stellen

eigentliche Brennstoffe dar. Die Kohle verbrennt und erzeugt mit Hilfe der bei der Verbrennung entwickelten Wärme aus Wasser Wasserdampf, der dann in mechanische Energie umgesetzt wird.

Die Kohlenwasserstoffe werden durch Explosion zur Entzündung gebracht, wobei sie unter Wärmeentwicklung zu gasförmigen Produkten, Wasserdampf und Kohlensäure, verbrennen und hierdurch Arbeit leisten.

Es besteht nun noch eine weitere Möglichkeit des Antriebes darin, daß man die Kohle und die Kohlenwasserstoffe, mit anderen Worten den Dampf- und den Explosionsmotor, überhaupt ausschaltet und die motorische Kraft dadurch erzeugt, daß man die durch Kompression des Verbrennungsproduktes der Kohle, d. h. der Kohlensäure, erhaltene Kraft in effektive Arbeit umsetzt.

Der Chemiker Karl Friedrich Mohr hat bereits im Jahre 1870 auf die große Kraftquelle hingewiesen, die man erhalten würde, wenn es gelänge, die Kohlensäure zu verdichten. Das Problem der Verflüssigung der Kohlensäure ist inzwischen gelöst worden, doch ist der Traum Mohrs, mit verdichteter Kohlensäure gefüllte Flaschen als „transportable Kraftmagazin“ zu verwenden, bisher nur in beschränktem Maße in Erfüllung gegangen. Die Verwendung der Kohlensäure als motorisches Treibmittel stößt auf die Schwierigkeit, daß die durch die Verdampfung der flüssigen Kohlensäure entstehende Kälte den Motor nach kurzer Zeit mit einer Eiskruste überzieht, wodurch er natürlich zum Stillstand kommt. Während wir also im Verbrennungsmotor große Wärme erzeugen, die wir durch „Kühler“ teilweise aufheben, müßten wir beim Kohlensäuremotor wegen der entstehenden großen Kälte eine Art „Erhitzer“ anbringen. Neuerdings hat man, um diesen Nachteil zu beseitigen, eine Kombination von Kohlensäure- und Explosionsmotor in Vorschlag gebracht. Praktische Erfahrungen über diesen sowie über mit flüssiger Luft betriebene Motoren liegen jedoch noch nicht vor.

Wir können uns daher gleich zu einer anderen Art von Krafterzeugung wenden, bei der gleichfalls keine Verbrennung unter Entwicklung von Wärme stattfindet. Ich meine die Elektrizität.

Greifen wir wieder auf unseren hauptsächlichsten Brennstoff, die Kohle, zurück, so ist das Problem, Elektrizität direkt aus Kohle zu erzeugen, fast ebenso alt wie die Kenntnis von der Elektrizität. Die Zahl der sogenannten Brennstoff- oder Gas-elemente, mit denen man dieses Problem zu lösen versucht hat, ist Legion. Von neueren Versuchen, bei denen man Gase ohne Wärmeentwicklung, nur unter Elektrizitätserzeugung zu verbrennen suchte, seien nur die vom theoretischen Standpunkte sehr interessanten Elemente von Ostwald, Haber sowie dem Amerikaner Reid erwähnt. Vorläufig müssen wir uns aber begnügen, Elektrizität aus Kohle auf dem Umwege über die Dampfmaschine zu erzeugen, um sie dann für transportable Zwecke in Akkumulatoren aufzuspeichern.

Bei der Abgabe der Elektrizität aus diesen Sammlern haben wir es auch mit einer Art Verbren-

nung zu tun, indem der von der positiven Platte abgegebene Sauerstoff mit dem von der negativen Platte abgegebenen Wasserstoff zu Wasser verbrennt. Aber diese Verbrennung findet, wie bereits erwähnt, ohne Wärmeentwicklung statt.

Berücksichtigt man den großen Umweg, den wir zur Erzeugung der transportablen Elektrizität einschlagen müssen, bei welchem etwa nur 10% der Kohlenenergie nutzbar gemacht werden, so scheint es im ersten Augenblitze, als ob es unmöglich sei, daß die Elektrizität mit den übrigen Treibmitteln in erfolgreichen Wettbewerb treten könne. Bei näherer Betrachtung sehen wir aber, daß sich die Sachlage wesentlich bessert, wenn wir die Wirkungsgrade berücksichtigen, die in der Praxis erreichbar sind. Wir hatten bereits betont, daß der Benzinmotor einen außerordentlich geringen Wirkungsgrad besitzt; er beträgt im besten Falle 12%. Von der in der Akkumulatorenbatterie enthaltenen Energie lassen sich hingegen etwa 85% auf die Wagenräder übertragen.

Die hauptsächlich für den Betrieb elektrischer Wagen zur Verwendung kommende Stromquelle ist der Bleiakkumulator. Vielfach ist die Ansicht vertreten, der Bleiakkumulator habe in den letzten Jahren so gut wie gar keine Fortschritte gemacht. Dies ist jedoch nicht der Fall. Während er vor etwa 10 Jahren im günstigsten Falle nur eine Kapazität von etwa 20 Wattstunden pro kg besaß, ist heute seine Leistung um etwa 50% gestiegen. Sie beträgt jetzt etwa 30 Wattstunden. Diese Fortschritte sind allerdings zum Teile nicht äußerlich erkennbar, man hat vielmehr in der letzten Zeit sein Hauptinteresse der Herstellung möglichst reiner, also sehr wirksamer „aktiver Masse“ zugewandt. Die Plattenstärke ist jetzt bei einigen Systemen auf 2 mm herabgesetzt worden. Die Lebensdauer derartiger Zellen wird zu 100—150 Entladungen angegeben. Da sich aber eine weitere Verringerung der Plattenstärke ohne erhebliche Beeinträchtigung der Lebensdauer nicht vornehmen läßt, folgt notgedrungen, daß man mit dem Bleiakkumulator in seiner jetzigen Form am Ende angelangt ist.

Bei dem Edisonakkumulator, dem Nachfolger des Jungnerschen Nickel-Eisenakkumulators, müssen wir rückhaltlos die vollendete Bauart in mechanischer Beziehung bewundern. Er ist daher auch dem Bleiakkumulator an Widerstandsfähigkeit und Lebensdauer wesentlich überlegen. Nach den Angaben der Bergmann-Elektrizitäts-Gesellschaft, die den Edisonakkumulator neuerdings auf den deutschen Markt bringt, beträgt die Lebensdauer 600 Entladungen. Die Nachteile liegen in der geringen Spannung von 1,23 Volt, die an Stelle von 40 Zellen beim Bleiakkumulator 64 Edisonzellen zum Betriebe eines elektrischen Wagens erforderlich macht, wodurch ein wesentlich größerer Raum beansprucht wird. Außerdem beträgt sein Wirkungsgrad bei der Ladung nur etwa 50% gegen etwa 75% im Bleiakkumulator. Seine Kapazität wird zu 24—26 Wattstunden pro kg angegeben.

Eine weitere wesentliche Steigerung seiner Kapazität ist insofern nicht zu erhoffen, als einerseits eine bedeutende Vermehrung seiner elektrischen Kraft unwahrscheinlich ist, seine mechanische

Ausführung andererseits bereits jetzt einen hohen Grad von Vollendung besitzt. Ein endgültiges Urteil über den Edisonakkumulator kann man heute noch nicht abgeben. Ein etwa zweijähriger praktischer Dauerbetrieb kann erst entscheiden, inwieviel seine Vorteile die Nachteile überwiegen.

Meine Herren! Ich habe versucht, Ihnen, vielleicht teilweise im Automobiltempo, einen Überblick über die Treibmittel des Automobils zu geben. Es bleibt nur noch zu betrachten übrig, welches Treibmittel wir jeweils zu wählen haben. Dies wird uns aus der Beantwortung folgender drei Fragen klar werden:

1. Was soll gefahren werden?
2. Wie soll gefahren werden?
3. Wo soll gefahren werden?

Handelt es sich um Personen, die mit großer Geschwindigkeit auf den Landstraßen verkehren wollen, so wählen wir das mit dem Verbrennungsmotor betriebene Automobil.

Handelt es sich um Personen oder Waren, die mit mittlerer Geschwindigkeit innerhalb der Straßen großer Städte befördert werden sollen, so wählen wir den mit dem Elektromotor betriebenen Wagen.

Handelt es sich schließlich um schwere Lasten, die mit geringer Geschwindigkeit über Land befördert werden sollen, so wählen wir den Dampfwagen.

Dies soll jedoch keine absolute Richtschnur sein, da für die Wahl des Antriebes in vielen Fällen auch andere Faktoren ins Gewicht fallen, so z. B. die Unmöglichkeit, das für den betreffenden Zweck im übrigen geeignete Treibmittel zu beschaffen. Auch möchte ich mit diesen Leitsätzen keine Prophezeihungen aussprechen, da solche gerade in verkehrstechnischen Fragen recht bedenklich sind. Immerhin läßt sich jedoch so viel sagen:

Der Dampfwagen und das mit dem Explosionsmotor ausgerüstete Automobil sind heute in ihrer Konstruktion zu einer gewissen Reife gelangt, so daß sich aus diesem Grunde ihr Anwendungsbereich überblicken läßt. Überraschungen haben wir jedoch vielleicht bei dem noch in den Anfängen seiner Entwicklung stehenden Elektromobil zu gewärtigen.

## Fortschritte auf dem Gebiete des Camphers, der ätherischen Öle und der Riechstoffe.

Von F. ROCHUSSEN.

(Eingeg. d. 8./5. 1908).

(Schluß von Seite 1506.)

### Spezieller Teil.

Für die bekannteren Terpene und ihre wichtigsten Derivate stellte Wendt<sup>94)</sup> eine Reihe neuer, durch keinerlei experimentellen Belege gestützter Formeln auf, denen allen ein Kohlenstoff-

<sup>94)</sup> Pharm. Ztg. 52, 331 (1907); diese Z. 21, 939 (1908).