

## XV. Abschnitt.

### Ölmaschinen.

**229. Entwicklung der Ölmaschine.** Verfolgt man die Entwicklungsgeschichte der Verwendung flüssiger Kohlenwasserstoffe für motorische Zwecke, so findet man, soweit diesbezügliche verlässliche Mitteilungen zur Verfügung stehen, daß dieselbe Hand in Hand geht mit der Entwicklungsgeschichte der Gasmaschine, denn schon im Jahre 1838 wurde in der Patentschrift W. Barnetts bei Beschreibung seiner Gasmaschine die Bemerkung gemacht, daß dieselbe auch mit leicht flüchtigen flüssigen Kohlenwasserstoffen betrieben werden kann. Ja sogar in dem Patente des Engländers Street vom Jahre 1794 wurde bereits der Vorschlag gemacht, zur Erzeugung motorischer Kraft flüssige Brennstoffe vermöge ihrer Explosionsfähigkeit auszunützen. Man ersieht daraus, daß die ersten Spuren des Auftauchens der Idee dieser Motoren mit den Anfängen der Entwicklungsgeschichte der Gasmaschinen zusammenfallen und daß somit die Verwendbarkeit flüssiger Brennstoffe zur Krafterzeugung viel früher erkannt wurde, als man mit Rücksicht auf die nach jeder Richtung zu überwindenden Schwierigkeiten in der Lage war, eine brauchbare Maschine dieser Art ausführen zu können.

Der erste Motor, welcher flüssige Kohlenwasserstoffe direkt verarbeitete, heute jedoch nur mehr geschichtliches Interesse bietet, ist der Motor von Julius Hock in Wien; diese Maschine wurde in den Jahren 1873 bis 1876 nicht nur von dem Erfinder selbst, sondern auch von der Maschinenfabrik Humboldt in Kalk bei Deutz gebaut.

Ogleich diese Maschine den Namen Petroleummotor führte, so arbeitete dieselbe doch nicht mit Petroleum, sondern mit dem leicht flüchtigeren Benzin.

Die Arbeitsweise dieser Maschine war folgende: In einen liegenden, vorne offenen Cylinder wurde beim Aushube des Kolbens ein Gemisch aus fein zerstäubtem Benzin und Luft gesaugt. Nach  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  des Kolbenhubes wurde dieses Gemisch dadurch entzündet, daß durch Vermittlung

einer Luftpumpe ein Strahl Benzingas über eine stetig brennende Flamme hinweg durch eine Klappe in den Cylinder schlug und dort zündete. Infolge der Saugwirkung des Kolbens lag die Klappe nur lose an der Cylinderwand und ließ den brennenden Strahl eintreten; im Momente der Entzündung wurde sie zugeschlagen.

Der Kolben setzte seinen Weg während des restlichen Hubes Arbeit verrichtend fort; kurz vor Ende des Hubes überstreifte derselbe ein Auslaßventil, wodurch ein Teil der expandierten Gase entwich und der Gegenruck zu Beginn des Rücklaufes vermindert wurde; während des Rücklaufes wurden die Verbrennungsprodukte ausgestoßen. Die Maschine war somit einfachwirkend, und nachdem nur während der Dauer eines halben Hubes Arbeit geleistet wurde, verhältnismäßig groß und schwer. Hinsichtlich der Wirkungsweise hatte sie sehr viel Ähnlichkeit mit der Lenoir'schen Maschine.

Die Regulierung des Ganges der Maschine erfolgte durch Änderung der Zusammensetzung des Ladungsgemisches, indem bei zunehmender Geschwindigkeit durch den Regulator eine Klappe geöffnet wurde, durch welche während der Saugperiode frische Luft direkt in den Cylinder gesaugt wurde und die Ladung verdünnte.

Der Verbrauch an Benzin soll nach Angabe der Fabrikanten 1 kg pro PS<sub>e</sub>-Stunde betragen haben, war also 2 $\frac{1}{2}$  bis 3 mal so groß wie jener der heutigen Benzinmaschinen.

Ein anderer Benzinmotor wurde im Jahre 1876, gelegentlich der Ausstellung in Philadelphia, nach seinem Erfinder **Braytonmotor** genannt, bekannt\*).

Der Braytonmotor bestand der Hauptsache nach aus einem doppeltwirkenden liegenden Arbeitcylinder und einer von diesem getrennten, gleichfalls doppeltwirkenden Kompressionspumpe. Bei späteren Ausführungen wurden die beiden Cylinder vertikal und einfachwirkend, nach unten offen ausgeführt.

Die vom Kompressor angesaugte bzw. verdichtete Luft wurde durch einen mit Benzin getränkten Filter gedrückt, mischte sich mit Benzindämpfen und bildete auf diese Weise die Ladung der Maschine, welche sich bei ihrem Eintritte in dieselbe sofort an einer unter Druck brennenden Flamme entzündete.

Das Hinüberdrücken der Ladung, sowie die Verbrennung derselben während der Füllperiode wurde durch Ventile geregelt. Nach Abschluß

---

\*) Zeichnung und Beschreibung dieser Maschine sowie des Benzinmotors von Hock siehe: Musil, *Die Motoren für das Kleingewerbe*, 2. Aufl., Vieweg & Sohn, Braunschweig 1883.

des Einlaßorgans expandierten die heißen Gase bis Ende des Hubes; während des Kolbenrücklaufes wurden die Verbrennungsprodukte ausgestoßen.

Zum Unterschiede von der Hockschen Maschine und allen bis zu jenem Zeitpunkte bekannt gewordenen Gasmaschinen wurde von Brayton zum erstenmale der Versuch gemacht, den Verlauf sowie die Dauer der Verbrennung mechanisch, also durch zwangläufig gesteuerte Organe zu regeln. Der frühere oder spätere Schluß der Einlaßorgane, somit der Gang der Maschine, wurde durch einen Pendelregler beeinflußt.

Der Verbrauch an Benzin soll bei größeren Maschinen 0,5 kg pro PS<sub>o</sub>-Stunde betragen haben. Der Braytonsche Motor bedeutete jedenfalls einen wesentlichen Fortschritt gegenüber dem Motor von Hock.

Durch die räumliche Trennung des Arbeitscyinders vom Kompressionscyliner und den dadurch bedingten vielgliedrigen Bewegungsmechanismus wurden die Maschinen schwer und teuer. Um den Mechanismus zu vereinfachen und die durch die Doppelwirkung hervorgerufene, trotz aller Kühlung unvermeidliche starke Erhitzung des Cylinders auf ein unschädliches Maß herabzubringen, wurden die Maschinen später mit hängenden, nach unten offenen Cylindern, also einfachwirkend gebaut. Trotzdem vermochte sich diese Maschine nicht zu halten, woran wohl auch der damalige Mangel einer verläßlichen Zündung und die dadurch hervorgerufenen steten Betriebsstörungen schuld waren.

Diese Schwierigkeiten hätten die Maschine in anbetracht ihres gesunden Arbeitsprinzipes und der für jene Zeit guten Ausführung nicht zu verdrängen vermocht, wenn nicht fast unmittelbar nach ihrem Bekanntwerden, anläßlich der Pariser Weltausstellung 1878, welche auch einen Braytonschen Motor brachte, Otto durch seinen Viertaktmotor alle bisher erzielten Erfolge weit übertroffen und dadurch die allgemeine Aufmerksamkeit von neuem auf die Leuchtgasmaschine gelenkt hätte. Damit war über Braytons Motor tatsächlich der Stab gebrochen.

Fast schien es nun, als ob die direkte Verwendung flüssiger Brennstoffe gänzlich in Vergessenheit geraten sollte; allein die enormen Erfolge, welche das Kompressionssystem bei Anwendung von Leuchtgas als Kraftmittel erzielte, lenkten nach einigen Jahren die Aufmerksamkeit von selbst wieder auf die flüssigen Brennstoffe, um die Motoren von den lokalen Verhältnissen unabhängig zu machen und vom Jahre 1883 an begannen die meisten Gasmotorenfabriken ihre Maschinen auch für den Betrieb von Benzin und Petroleum sowie Spiritus einzurichten.

Der erste Benzinmotor, welchem das Arbeitsprinzip der heutigen Gasmaschine zu Grunde lag, wurde von der Hannoverschen Maschinenbauaktiengesellschaft nach dem Patente Wittig & Hees Anfang der achtziger

Jahre gebaut; die Maschine arbeitete, obwohl einfachwirkend, im Zweitakte und bietet daher doppeltes Interesse.

Die Maschine war stehend gebaut, mit zwei getrennten, oben offenen Cylindern (Arbeitscyliner und Kompressionscyliner) und darüber liegender doppelt gekröpfter Kurbelwelle. Die beiden Kurbeln waren gleich gerichtet, die Kolben erreichten daher gleichzeitig ihre Totlagen. Die Cylinder hatten gleichen Hub, jedoch ungleichen Durchmesser. Zwischen dem Arbeitskolben in seiner unteren Totlage und dem Cylinderboden blieb ein Laderaum von etwa  $\frac{5}{8}$  des Hubvolumens Fassungsraum.

Beim Aufwärtsgange aus der unteren Totlage saugt der Pumpenkolben frisches Ladungsgemisch; der Arbeitskolben verrichtet währenddem seinen Arbeits-(Expansions-)hub. Beide Kolben gehen nun nach abwärts; der Arbeitskolben treibt zunächst, während etwa  $\frac{3}{5}$  seines Hubes, die Verbrennungsprodukte hinaus; nach Schluß des Ausströmventiles beginnt im Arbeitscyliner die Kompressionsperiode; währenddem hat aber auch der Pumpenkolben das explosive Gemenge aus Luft und Benzindämpfen verdichtet. Sobald genügender Überdruck vorhanden, öffnet sich ein die beiden Cylinderräume verbindendes Rückschlagventil und der Pumpencyliner speist den Arbeitscyliner, während beide Kolben für die restliche Hubdauer den Inhalt beider Cylinder verdichten, bis dieser schließlich nur den Laderaum füllt.

Mit Hubwechsel erfolgt die Zündung (Flammenzündung) und das Spiel wiederholt sich von neuem. Die Zündflamme wurde durch Benzindämpfe genährt.

Die Kompressionsendspannung betrug wie bei den Ottomotoren jener Zeit ungefähr 2,5 Atm.

Bei kleineren Maschinen bis etwa vier Pferdekkräfte betrug der Benzverbrauch 0,9 bis 1 Liter pro PS<sub>e</sub>-Stunde. Nachdem der Betrieb mit diesen Maschinen zu teuer kam, wurde der Bau derselben wieder aufgegeben.

Eine Maschine ähnlicher Bauart wurde seinerzeit auch von **Gehr. Körting** in Hannover gebaut. Die Kurbelwelle war nur einfach gekröpft für den Angriff des Arbeitskolbens, während die Pumpe von einer fliegenden Kurbelscheibe ihren Antrieb erhielt.

Die Regulierung erfolgte durch Änderung der Kompressionsspannung in der Weise, daß der schädliche Raum der Pumpe durch den Regulator vergrößert oder verkleinert wurde, indem durch Vermittlung eines unter dem Einflusse desselben stehenden Drehschiebers dieser Raum in oder außer Verbindung mit einem nebenanliegenden Gefäße gebracht werden konnte. Bei zunehmender Geschwindigkeit öffnete der Regulator den Verbindungskanal der Pumpe mit diesem Gefäße; das Volumen desselben

nahm an der Verdichtung teil, somit wurde nicht die normale Kompressionsspannung erreicht und die Leistung nahm entsprechend ab.

Sowohl die Maschine von Körting als auch jene von Wittig & Hees kranken, ganz abgesehen von der mangelhaften Zuführung und Zerstäubung des Benzins, an der unverlässlichen und bei Verwendung von Benzin gefährlichen Flammenzündung, welche ja, wie bekannt, bei den heutigen Benzinmotoren ausschließlich durch die elektrische Zündung ersetzt ist. Außer diesen Übelständen gab das zwischen Arbeitscylinder und Pumpe eingeschaltete Übergangsorgan zu leicht Veranlassung zu Betriebsstörungen; schloß dieses Organ nicht im Momente der Entzündung bzw. unmittelbar vorher, dann schlug die Entzündung hinüber in den Pumpencylinder und verursachte, abgesehen von dem heftigen Knall, Störungen in der regelrechten Arbeitsweise der Maschine.

Die Maschinen waren eben nicht reif genug, um den Kampf mit dem so außerordentlich einfach und sicher wirkenden Viertaktssystem aufnehmen zu können und somit kehrte auch die Firma Körting bezüglich ihrer Benzin- und Petroleummotoren ausschließlich zum Viertakt zurück. Der Viertakt blieb auch bis zum heutigen Tage das Arbeitssystem der mit flüssigen Brennstoffen arbeitenden Maschinen und ist, soweit dem Verfasser bekannt, keine einzige Firma mit Erfolg von dieser Arbeitsweise abgegangen.

Der Vollständigkeit und des Interesses wegen seien aus der großen Anzahl von Konstruktionen, welche aus dem Bestreben hervorgingen, den Viertakt auch für so kleine Leistungen, wie sie hier in Betracht kommen, durch eine andere Arbeitsweise zu ersetzen, noch zwei bemerkenswerte Konstruktionen herausgegriffen, und zwar die Maschine des wiederholt genannten englischen Ingenieurs D. Clerk, sowie jene der Motorenfabrik Benz & Cie. in Mannheim. Beide Maschinen wurden bereits im vorhergehenden Abschnitte bei Besprechung des Zweitaktes erwähnt.

Die Maschine von Clerk arbeitete gleichfalls wie die vorhin besprochenen mit zwei Cylindern, jedoch derart, daß die Kurbel der Pumpe, von Clerk Verdränger genannt, der Maschinenkurbel um  $90^\circ$  vorseilte. Die Maschine war sowohl für Benzin- als auch für Leuchtgasbetrieb bestimmt; ihre Wirkungsweise war folgende: Bevor der Kolben seinen Arbeitshub vollendete, überstriefte er eine Reihe von Öffnungen in der Cylindrerwand und gab die Verbrennungsprodukte frei; während er in seine Totlage und von dieser so weit zurückgeht, daß er die Ausströmöffnungen schließt, hat der um  $90^\circ$  voreilende Verdrängerkolben das vorher angesaugte explosible Gemisch ungefähr auf das halbe Hubvolumen komprimiert; durch die zwischen beiden Cylindern eröffnete Verbindung wird durch den im vollen Rücklauf begriffenen Verdrängerkolben die bereits

mäßig verdichtete Ladung in den Arbeitscylinder geschoben und jagt, dem Kolben entgegenstürzend, die Verbrennungsrückstände hinaus.

Nun laufen beide Kolben in derselben Richtung, die zwischen ihnen eingeschlossene Ladung fortwährend verdichtend. Der Verdrängerkolben erreicht seine innere Totlage und beginnt seinen Saughub; der Arbeitskolben steht in Mitte seines Hubes und vollendet die Kompression, während er in seine innere Totlage eilt. Dann erfolgt Zündung und das Spiel beginnt von neuem. Die Maschine arbeitete somit im Zweitakt. Die Verdichtungsspannung betrug 2,8 bis 4 Atm., die Explosionsspannung 11 bis 16,5 Atm. Überdruck.

Die Zündung war Flammenzündung; die Regulierung erfolgte durch Ausfall von Ladungen.

Der Brennstoffkonsum war verhältnismäßig groß, weil einerseits nicht der volle Arbeitshub ausgenützt werden konnte, da ungefähr  $\frac{1}{10}$  desselben in die Ausströmperiode fiel, andererseits frische Ladung mit den Verbrennungsprodukten ausströmte. Für so kleine Leistungen von 2 bis 12 PS, für welche die Maschine gebaut wurde, erwies sich der Zweitakt unvorteilhafter bzw. unökonomischer als der Viertakt.

Die Maschine von Benz & Cie. arbeitete mit nur einem beiderseits geschlossenen Cylinder; die vordere Cylinderseite diente als Luftpumpe; die Maschine war daher auch nur einfachwirkend. Die Arbeitsweise der Maschine war im übrigen dieselbe wie bei Clerk, nur mit dem Unterschiede, daß die Kompressionsseite nur reine Luft saugte und dieselbe mäßig verdichtet in einen Receiver drückte, von welchem dieselbe vor Ende des Einhubes hinter den Kolben strömte und die Verbrennungsprodukte durch ein gesteuertes Auslaßventil hinaustrieb, um dann während des Kolbenrücklaufes verdichtet zu werden. Das Gas bzw. der Benzindampf wurde kurz vor Ende des Hubes durch eine eigene kleine Pumpe in den Cylinder gedrückt, mischte sich mit der Luft und darauf folgte bei Hubwechsel die Entzündung.

Die Zündung war elektrisch durch eine vom Motor beziehungsweise beim Anlassen von Hand aus betriebene kleine Dynamomaschine.

Die Geschwindigkeitsregelung erfolgte durch Änderung des Mischungsverhältnisses.

Die Maschine ergab keine besseren Verbrauchsziffern als die übrigen Zweitaktmaschinen; obwohl durch das Hinaustreiben der Verbrennungsprodukte nur Luft und kein Ladungsgemisch entweichen konnte, so scheint doch die Einführung des Brennstoffes gegen Ende des Hubes und die mangelhafte Mischung desselben mit der Luft Ursache größerer Wärmeverluste gewesen zu sein.

Diese mißglückten Versuche haben dann endlich dahin geführt, daß

man allseits für kleinere Leistungen, für welche Ölmaschinen zumeist nur verlangt werden, zum Viertaktsystem zurückkehrte. Ausnahmefälle kommen überall, somit auch hier vor.

Wenn auch in dem vorstehenden kurzen geschichtlichen Rückblick eigentlich nur der Benzinmotoren Erwähnung geschah, so gingen doch die Bestrebungen, das gewöhnliche Lampenpetroleum, sowie Spiritus, für motorische Zwecke auszunutzen, Hand in Hand. Die Verwertung des Petroleums scheiterte jedoch lange Zeit hindurch an einer für diesen schwer flüchtigen und verhältnismäßig schwer entzündbaren Brennstoff geeigneten Zündvorrichtung, denn sowohl die Flammzündung als auch die elektrische Zündung, welche für Gas und Benzin vollkommen entsprechen, erwiesen sich für Petroleummotoren, der Ungleichmäßigkeit der Mischung wegen, als zu unsicher wirkend, daher nicht geeignet. Erst nach Erfindung des Glührohres, also vor etwa fünfzehn Jahren, hat auch der Bau von Petroleummotoren an Bedeutung gewonnen; so lange man jedoch das Petroleum vorerst verdampfte und dann erst mit Luft mischte, also ein Ladungsgemenge aus Petroleumdampf und Luft erzeugte, wurde infolge der damit verbundenen mangelhaften Mischung und Verbrennung unverbranntes oder nur teilweise verbranntes Gemenge mit ausgestoßen; die Maschinen arbeiteten unökonomisch und verunreinigten die Umgebung.

Der Petroleummotor konnte sich daher neben dem Leuchtgas- und Benzinmotor nicht halten; seine Anwendung war überhaupt nur auf ländliche Betriebe beschränkt, daher nahezu bedeutungslos.

Das Petroleum erfordert zu seiner vollständigen Verbrennung, wenn es als Ladungsgemisch vor seiner Entzündung in den Cylinder gelangen soll, eine innige Mischung in fein verteiltem Zustande mit atmosphärischer Luft; dies kann nur durch Zerstäubung bei gleichzeitiger Erhitzung, also durch Vergasung desselben erreicht werden.

Wenn auch durch diesen Fortschritt in der Bildung der explosiblen Ladung nunmehr eine wesentlich höhere Brennstoffökonomie, sowie eine ziemlich geruchlose Verbrennung erzielt wurde, so stellen sich doch in anbetracht der verhältnismäßig hohen Petroleumpreise die Betriebskosten wesentlich höher wie jene des Kraftgasbetriebes und können daher die Ölmotore im allgemeinen mit den Kraftgasmaschinen nur dort konkurrieren, wo die Ölpreise entsprechend gering sind oder andere Faktoren für die Verwendung flüssiger Brennstoffe sprechen, z. B. die Raumfrage, die Art des Betriebes u. dgl.

An dieser Tatsache werden auch die neueren Ölmaschinen, der Explosionsmotor mit Wasserinjektion von Bánki und der Verbrennungsmotor von Diesel, trotz der mit denselben und namentlich mit letzterem erzielten hohen Brennstoffökonomie, wenig zu ändern vermögen, so lange

nicht die Ölpreise eine entsprechend weitgehende Herabminderung erfahren.

Mit Leuchtgas verglichen, dürften sich die Betriebskosten ziemlich gleich stellen. Nachdem der Preis des Benzins und Lampenpetroleums innerhalb ein und desselben Staates von dem Verwendungsorte weniger abhängig ist, wie jener des Leuchtgases, so dürfte auch in Städten mit billigerem Leuchtgas der Gasbetrieb, in Städten mit hohem Gaspreise der Benzin- beziehungsweise Petroleumbetrieb vorteilhafter sein. Als vor einigen Jahren in Österreich die Zollfreiheit des Benzins für Motorenbetrieb gewährt wurde, war die Nachfrage nach Benzinmotoren so bedeutend, daß wesentlich mehr Benzinmotoren als Leuchtgasmotoren gebaut wurden; seitdem ging jedoch der Benzinpreis wieder hinauf, die Nachfrage daher zurück. Nur durch zollfreie Behandlung der flüssigen Brennstoffe, sowie entsprechende Verminderung der Transportgebühren könnten dieselben allerorts zu einem Preise erhältlich werden, welcher namentlich der Kleinindustrie und Landwirtschaft eine Kraftquelle von größter Bedeutung erschließen würde. Da diese Begünstigungen jedoch in abschbarer Zeit kaum gewährt werden dürften, werden auch die Ölmaschinen, namentlich die Petroleummotoren, im allgemeinen, die Petroleumländer ausgenommen, im Vergleiche mit den Gasmaschinen nur eine untergeordnete Rolle spielen\*).

**230. Die flüssigen Brennstoffe.** Von flüssigen Brennstoffen kommen nur die Destillationsprodukte des Erdöles, sowie Spiritus in Betracht.

Das Erdöl findet sich in geringen Mengen auf der ganzen Erde; Hauptfundorte sind jedoch nur die Staaten Pennsylvanien und Canada in Nordamerika, Gouvernement Baku in Rußland, sowie Galizien; speziell die Naphtaquellen von Baku scheinen unerschöpflich zu sein.

Auch in Deutschland und zwar in der Provinz Hannover fand man in den Jahren 1879 und 1880 durch Bohrungen sehr ergiebig scheinende Quellen; es wurde eine große Anzahl derselben erschlossen, der Erfolg entsprach jedoch nicht den Erwartungen; die Quellen versiegten zum Teil in kurzer Zeit und ist die Produktion daher sehr zurückgegangen.

Von sonstigem deutschen Ölvorkommen sei noch erwähnt das Elsaßer bei Hagenau, Lobsam, Bechelbronn und Schwabweiler; die Ausbeute ist jedoch gleichfalls nicht von Belang.

Das Erdöl wird durch Abfangen beziehungsweise Absaugen aus den

\*) Bis ins Detail ausgearbeitete Kostentabellen für Leistungen von 10 bis 400 PS siehe: *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*, 1899, S. 197, sowie: *Die Kosten der Kraftherzeugung* von Chr. Eberle, 1898, Verlag W. Knapp.