

ist es möglich, mit je 5000 WE, die im Gas der Maschine zugeführt werden, 1—1,5 kg überhitzten Dampfes zu erzeugen; die hierdurch nutzbar gemachte Wärme beträgt je nach der Temperatur des Speisewassers und des Dampfes etwa 15—20% der im zugeführten Frischgas enthaltenen Wärme.

Bei der Wahl der Betriebskraft sind jedoch nicht nur die Betriebskosten zu berücksichtigen, sondern auch andere Umstände in Rechnung zu ziehen, nämlich das Bedürfnis für Wärme zu Heiz- und Fabrikationszwecken, dann die Betriebssicherheit und die dadurch notwendigen Reserven, endlich die Belastungsschwankungen und die Überlastungsfähigkeit; häufig auch die Beschaffenheit des Aufstellungsortes (Dampfkessel sind genehmigungspflichtig) und die Größe der Grundfläche. Ferner ist zu beachten, daß die Normalleistung einer Dampfanlage nach der mittleren Betriebsleistung, die Normalleistung einer Verbrennungskraftmaschine stets nach der größten Betriebsleistung bemessen werden sollte.

Anhang.

Geschichtliche Übersicht.

Die Bestrebungen, die bei der plötzlichen Verbrennung explosibler Mischungen freiwerdende Arbeit in Maschinen auszunützen, sind schon sehr alt und gehen bis auf das 17. Jahrhundert zurück. Wenn auch fremdländische Erfinder am Ausbau der Verbrennungskraftmaschinen mitgewirkt haben, so gebührt doch das Verdienst, aus guten Gedanken wirklich brauchbare Maschinen geschaffen zu haben, hauptsächlich deutschen Erfindern und Maschinenfabriken, vor allem den Bahnbrechern **Otto** und **Diesel**. Heute steht der deutsche Wärmekraftmaschinenbau an erster Stelle der Welterzeugung.

1680. **Huyghens** schlägt vor, in einem Zylinder Schießpulver zu verpuffen, wodurch ein Kolben emporgeschleudert werden sollte; die Verbrennungsgase sollten abgekühlt werden; der Kolben sollte dann durch den atmosphärischen Luftdruck und sein Eigengewicht sich nach unten bewegen und dabei mechanische Arbeit abgeben. Diese und ähnliche Maschinen sind wahrscheinlich nie ausgeführt worden.

1799. **Lebon** erhält ein Patent auf ein Verfahren, nach welchem Gas und Luft durch Pumpen in einen Behälter gedrückt, dort gemischt und, ähnlich wie der Dampf dem Zylinder einer Dampfmaschine, einem doppeltwirkenden Arbeits-

zylinder zugeführt, dort elektrisch entzündet werden und durch seine Ausdehnung Arbeit verrichten sollte.

1833. **Wright** führt eine doppeltwirkende Maschine mit zwei Ladepumpen und Fliehkraftregler aus; letzterer wirkt auf den Gasgehalt der Ladung ein. Arbeitszylinder und Kolben mit Wasser gekühlt, Zündung im Totpunkt durch äußere Zündflamme.
1838. **Barnett** erhält ein Patent auf eine einfachwirkende Maschine, bei der durch eine Luftpumpe ein brennbares Gemisch in einem besonderen Laderaum verdichtet wurde, der dann durch einen Schieber mit dem Arbeitszylinder verbunden und in dem durch eine besonders gesteuerte Zündflamme die verdichtete Ladung bei der **Totlage** des Kolbens entzündet wurde.

Diese sowie die von **Drake, Johnston, Barsanti** und **Matteucci** erdachten Bauarten hatten alle keinen praktischen Erfolg, obwohl die **Barnettsche** Maschine Elemente neuzeitlicher Gasmaschinen enthielt.

1860. Maschine von **Lenoir**. Der Arbeitskolben saugt während des ersten Teiles des Hubes durch einen Einlaßschieber, der mittels Exzenter gesteuert wird, durch abwechselnd angebrachte Bohrungen für Luft und Leuchtgas eine brennbare Ladung an. Etwa bei der Mittelstellung des Kolbens schließt der Einlaßschieber ab, ein überspringender **elektrischer Funke** entzündet das Gemisch und die Verbrennungsgase treiben den Kolben vorwärts. Beim Rückgang des Kolbens öffnet sich der Auslaßschieber, die Verbrennungsgase entweichen und gleichzeitig wird auf der anderen Kolben-seite eine neue Ladung angesaugt. Der Zylinder besitzt demnach zwei Einlaß- und zwei Auslaßschieber und die Maschine arbeitet wie eine Dampfmaschine doppeltwirkend im Zweitakt. Der Gasverbrauch betrug nach Versuchen von **Max Eyth** und anderen etwa 3 cbm/PS_e-Std; bei einem Heizwert von 5000 WE/cbm erhält man demnach für den wirtschaftlichen Wirkungsgrad den sehr kleinen Wert

$$\eta_w = \frac{632}{3 \cdot 5000} = 0,042. \text{ Zylinder, Deckel und Auspuffstutzen}$$

waren mit Wasser gekühlt. Die Maschine mußte sehr reichlich geschmiert werden, sonst brannte der Kolben fest.

1867. Atmosphärische Maschine von **Otto und Langen**. Sie war eine Vervollkommnung der Maschine von **Barsanti** und **Matteucci** und erregte Aufsehen einerseits wegen ihres im Vergleich zur **Lenoirschen** Maschine sehr geringen Gas-

verbrauches (etwa 1 cbm und darunter für 1 PS_e-Std), andererseits wegen ihres äußerst geräuschvollen Ganges. Die Maschine hat einen stehenden, oben offenen, wassergekühlten Zylinder, in dem sich ein Kolben mit gezählter, oben herausragender Kolbenstange bewegt; die Verzahnung greift in ein Zahnrad ein, welches mit der Welle durch eine Reibungskuppelung so verbunden ist, daß die Kolbenstange die Welle nur beim Niedergang mitnimmt, beim Aufwärtsgang dagegen das Zahnrad lose auf der Welle läuft. Beim Hochgang des Kolbens wird ein angesaugtes Gasluftgemisch durch eine Flamme entzündet, der Kolben fliegt frei nach oben, die Verbrennungsgase expandieren bis unter den atmosphärischen Luftdruck, der Kolben kommt durch sein Gewicht und den Gegendruck der Luft zur Ruhe und bewegt sich durch den Luftdruck und sein Eigengewicht arbeitverrichtend nach unten (einfachwirkende Zweitaktmaschine).

1877. **Viertaktmaschine von Otto.** Der Gedanke des Viertaktprozesses stammt von Beau de Rochas, der ihn 1861 in einer Druckschrift veröffentlichte. Den ersten betriebsfähigen Viertaktmotor baute der Münchener Hofuhrmacher Reithmann 1873. Ohne Kenntnis dieser Erfindung baute Otto, der zusammen mit Langen die Gasmotorenfabrik Deutz begründete, 1877 seine Maschine, die wegen ihres ruhigen Ganges und geringen Gasverbrauches allgemeines Aufsehen erregte, nachdem der Bau von atmosphärischen Flugkolbenmaschinen in größeren Ausführungen als etwa 3 PS sich als unmöglich herausgestellt hatte. Die Maschine war liegend, einfachwirkend, mit offenem Kolben, jedoch mit Kreuzkopf und wurde durch einen Schieber gesteuert, der sich am hinteren Zylinderende befand und mittels Steuerwelle und Kurbel bewegt wurde. Die Zündung erfolgte durch eine offene Flamme, die Regelung durch Aussetzer. Die Maschinenleistungen wuchsen von 4 PS im Jahre 1878 auf 100 PS im Jahre 1889. Der Leuchtgasverbrauch betrug bei Normalleistungen von 2 bis 25 PS etwa 0,9 bis 0,7 cbm/PS_e-Std. 1886 erbaute die Gasmotorenfabrik Deutz den ersten 50pferdigen Kraftgasmotor.
1878. Da das Viertaktverfahren der Gasmotorenfabrik Deutz zunächst noch patentiert¹⁾ war, suchten verschiedene Erfinder durch den Zweitaktprozeß etwas mindestens Gleichwertiges zu schaffen. Größere Erfolge hatten erst später die Maschinen von Oechelhäuser und Junkers 1896

¹⁾ Das Patent wurde 1884 für nichtig erklärt.

und Körting 1898. Die Oechelhäuser-Maschine besitzt zwei gegenläufige Kolben, die drei Schlitzkränze steuern, nämlich je einen für Auspuff, Spül- und Ladeluft und Gas. Die ausführliche Beschreibung der Körtingschen Maschine findet sich S. 28.

1883. **Daimler** baute die erste Ölmaschine schon als Schnellläufer mit $n = 500$ bis 800 und gab damit den Anstoß zur Entwicklung der heutigen Automobil-, Motorboots- und Flugzeugindustrie. Die Namen weiterer auf diesem Gebiet tätiger Erfinder sind: Spiel, Capitaine, Priestman, Banki, Söhnlein (Zweitaktölmaschine), Güldner.
1893. Nachdem schon vorher mehrfach der Bau von Gleichdruckmaschinen sowohl zum Betrieb mit Gas (Brayton, Simon) als mit Öl (Brayton, Capitaine, Brännler) versucht worden war, veröffentlichte **Diesel** 1893 eine Schrift: „Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors zum Ersatz der Dampfmaschine und der heute bekannten Wärmemotoren“, in der er die Möglichkeit der Verwirklichung des Carnotschen Kreisprozesses entwickelt. Dieses ideale Arbeitsverfahren mußte jedoch wegen der zu erwartenden hohen Drücke (250 at) verändert werden. Die Ausführung der nach diesem nunmehr patentierten¹⁾ Verfahren arbeitenden Maschine übernahmen die Firmen Friedr. Krupp in Essen und die Maschinenfabrik Augsburg. 1894 wurde der erste Versuchsmotor gebaut, 1897 waren die von Schröter durchgeführten Versuche abgeschlossen. Wenn auch die Dieselmaschine wegen ihrer vorzüglichen Wärmeausnutzung (η_w bis $0,35$) an der Spitze aller Wärme-kraftmaschinen steht, und wenn sie auch heute für sehr viele Betriebe gebaut wird, so ist doch die von ihr erhoffte Umwälzung im Kraftmaschinenbau nicht eingetreten, weil die Brennstoffe, die für Dieselmaschinen in Betracht kommen, mit der wachsenden Ausbreitung der letzteren rasch im Preise gestiegen sind.

Quellenverzeichnis.

- Barth, Die zweckmäßigste Betriebskraft (Sammlung Göschen).
 Dubbel, Großgasmaschinen (Springer, Berlin).
 Güldner, Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungskraftmaschinen (Springer, Berlin).

¹⁾ Das Patent ist 1908 abgelaufen.

Hütte (Ernst, Berlin).

Magg, Die Steuerungen der Verbrennungskraftmaschinen (Springer, Berlin).

Neumann, Die Verbrennungskraftmaschinen (Jaenicke, Leipzig).

Schmitz, Die flüssigen Brennstoffe (Springer, Berlin).

Zeitschrift des Bayerischen Revisionsvereines, München.

Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.

Drucksachen und Zeichnungen der Firmen:

Benz u. Co., Mannheim,

Robert Bosch, Stuttgart,

Daimler, Berlin-Marienfelde,

Gasmotorenfabrik Deutz,

Gebr. Körting,

Haniel u. Lueg, Düsseldorf,

Linke-Hoffmannwerke, Breslau,

Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg.

Additional material from *Bau und Berechnung der
Verbrennungskraftmaschinen*, ISBN 978-3-662-42805-4,
is available at <http://extras.springer.com>

