

F. Wärme als Triebkraft.

§ 176. Wir haben gesehen, dass die Wärme eine Form der Energie ist, dass wir Arbeit in Wärme verwandeln können. Ungleich wichtiger ist aber der umgekehrte Prozess, bei welchem wir Wärme in Arbeit verwandeln. Dies geschieht durch die Dampfmaschinen und die ihnen verwandten Heissluftmotoren und Gasmotoren. Es kann hier nur ganz flüchtig auf diese Maschinen eingegangen werden.

Die Dampfmaschine besteht aus zwei Hauptteilen: dem Dampfkessel, in welchem das Wasser in Dampf von hoher

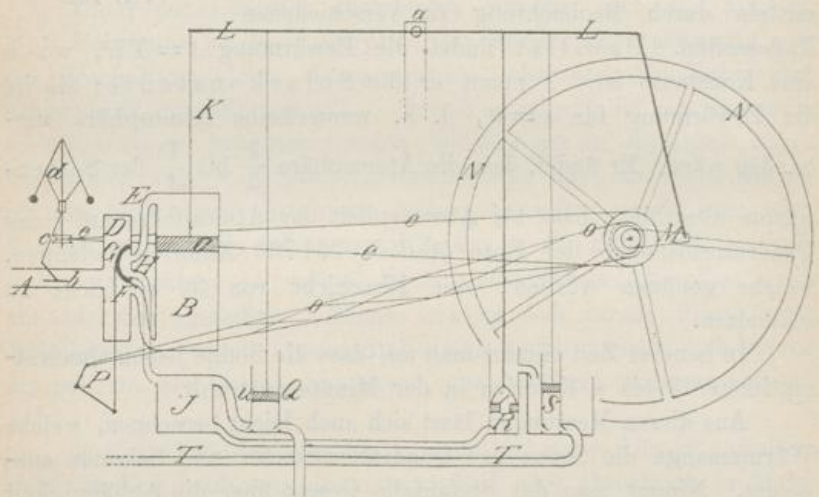


Fig. 123.

Spannung verwandelt wird durch die Feuerung. Der Dampfkessel ist mit folgenden Teilen versehen; Wasserstandrohr, welches das Niveau des vorhandenen Wassers erkennen lässt; Manometer, welches die Spannung des Dampfes angibt; Ventil, welches bei zu hoch gesteigerter Spannung sich öffnet und einen Teil des Dampfes entweichen lässt; Wasserhahn und Dampfhahn, welche Wasser oder Dampf abzulassen gestatten. Vom oberen Teile des Dampfkessels führt das Rohr A (Fig. 123¹⁾) zur eigentlichen Maschine.

¹⁾ Die Figur zeigt rein prinzipiell die Teile der Dampfmaschine, ohne dass die Lagerung und die Grössenverhältnisse der einzelnen Teile richtig wiedergegeben werden.

Der wesentlichste Teil derselben ist der Cylinder B, in welchem sich der Stempel C luftdicht auf und ab bewegen kann. Das Dampfrohr A führt zunächst in einen Kasten D, aus welchem der Dampf durch die Röhren E oder F oben oder unten in den Cylinder eintreten kann und je nachdem den Stempel hinauf oder herunter drückt mit einer Kraft, welche durch den Querschnitt q des Stempels und die Spannkraft p des Dampfes gegeben ist, gleich pq . Um den Dampf abwechselnd oben oder unten eintreten zu lassen, ist der Schieber G vorhanden, welcher in der Stellung der Zeichnung die Mündung von F nach D freilässt, also den Dampf unter dem Stempel eintreten lässt. Gleichzeitig ist dann E, durch welches der über dem Stempel vorhandene Dampf ausgetrieben wird, mittelst der Höhlung des Schiebers durch ein Rohr H mit J verbunden. Wird der Schieber heruntergeschoben, so ist umgekehrt E mit D verbunden, F mit J, der Dampf tritt über dem Stempel ein, treibt diesen hinunter, und der vorher unterhalb des Stempels eingeströmte Dampf wird nach J herausgedrückt.

Die Verstellung des Schiebers besorgt die Maschine selbst. Der Stempel C bewegt nämlich die Kolbenstange K mit auf und ab, deren anderes Ende an dem Balancier L befestigt ist, einem um den Punkt a drehbaren Hebel. Das andere Ende des Balanciers wirkt mittelst der Kurbel M auf das Schwungrad N und bringt dieses in Drehung. An der Axe des Schwungrades sitzt eine excentrische Scheibe, mit welcher die Stange O verbunden ist, deren anderes Ende mittelst des Winkelhebels P auf den Schieber wirkt. Bei Drehung des Schwungrades wird die excentrische Scheibe nach rechts und links geschoben, daher der Schieber auf und ab, und die Verbindungen sind so gemacht, dass der Schieber gerade dann umgestellt wird, wenn der Stempel unten oder oben angekommen ist.

Das Schwungrad N hat den Zweck, der Maschine durch seine Trägheit (§ 53) über die toten Punkte fortzuhelfen, d. h. über die Momente, wo während der Umstellung des Schiebers der Dampf weder von oben nach unten zuströmt, also keine Triebkraft vorhanden ist. Von der Axe des Schwungrades aus wird weiter die Verbindung durch Zahnräder oder Riemen mit den zu bewegenden Apparaten hergestellt. Die Kraft des Dampfes ist, wie schon bemerkt, pq ; aber nicht diese ganze Kraft kann zur Arbeitsleistung verwendet werden, sondern ein Teil geht verloren bei Austreibung des Dampfes aus dem anderen Teil des Cylinders. Ist hier der

Druck p_1 , so ist dieser Gegendruck auf den Stempel $p_1 q$, es bleibt also nur $(p - p_1) q$ als verwertbare Kraft. Je nach dem Werte von p_1 unterscheidet man verschiedene Maschinen: wird der verbrauchte Dampf durch H direkt in die äussere Luft ausgestossen, so ist p_1 gleich einer Atmosphäre. Es muss dann der Druck des Dampfes ziemlich hoch sein, damit $p - p_1$ einen erheblichen Wert behält. Solche Maschinen heissen daher Hochdruckmaschinen, sie werden mit einer Dampftemperatur von etwa 150° , d. h. 5 Atmosphären Dampfspannung betrieben. Bei den Niederdruckmaschinen wird dagegen p_1 kleiner gemacht: Der auszutreibende Dampf gelangt in den Kondensator J, in welchen fortwährend durch das Rohr U kaltes Wasser eingespritzt wird; dadurch kondensiert sich der Dampf sofort, und der Gegendruck p_1 sinkt auf etwa $\frac{1}{4}$ Atmosphäre. Diese Maschinen werden durchschnittlich bei 120° betrieben, d. h. mit einer Dampfspannung von 2 Atmosphären.

An den Niederdruck-Dampfmaschinen sind noch einige Nebenteile zu erwähnen. Zunächst wird durch den Balancier die Pumpe Q, die Kaltwasserpumpe, betrieben, durch welche das kalte Wasser aus einem Reservoir in den Kondensator gespritzt wird durch das Rohr U. Dann ist eine zweite Pumpe R, die Kondensatorpumpe, vorhanden, welche das eingespritzte und das aus dem Dampf kondensierte Wasser aus dem Kondensator herauspumpt, und endlich wird eine dritte Pumpe S, die Heisswasserpumpe, betrieben, welche dieses warme Kondensatorwasser in den Dampfkessel durch das Rohr T zurückpresst, so dass dessen Wasserverlust stets ersetzt wird. Die Notwendigkeit dieser Pumpen und des Kühlwassers beschränkt die Anwendung der Niederdruckmaschinen; alle beweglichen Dampfmaschinen, z. B. die Lokomotivmaschine, sind notwendig Hochdruckmaschinen. Endlich ist noch eine Vorrichtung zu erwähnen, welche den Gang der Maschinen reguliert, ihn konstant hält, auch wenn der Dampfzufluss und Druck sich infolge von ungleichmässiger Feuerung ändert: In dem Rohr A sitzt eine Klappe b, eine sog. Drosselklappe, welche bei Drehung das Rohr mehr oder weniger öffnet. Ihre Axe ist durch die Hebel und Stangen c mit einem Centrifugalregulator (§ 27) d verbunden, welcher mittelst des Schnurlaufs e durch das Schwungrad gedreht wird. Wächst etwa der Dampfdruck, so läuft die Maschine schneller, dadurch heben sich die Kugeln des Regulators, und dadurch wird die

Klappe *b* etwas mehr geschlossen, so dass der Dampf weniger zuströmt und die Geschwindigkeit wieder sinkt. Fällt dagegen der Dampfdruck, so lässt das Ventil mehr zuströmen, und so wird möglichst konstanter Gang erhalten.

§ 177. Während die Dampfmaschine in ihren Prinzipien durch James Watt (1763) ausgebildet wurde, ist seit Mitte dieses Jahrhunderts eine andere Maschine in Aufnahme gekommen, die Heissluftmaschine, bei welcher durch abwechselnde Erwärmung und Abkühlung der Luft ein Kolben in Bewegung gesetzt wird. In Bezug auf diese Maschinen, welche nach verschiedenen Systemen ausgeführt werden, Rider, Lehmann, Ericson u. s. w., müssen wir uns noch kürzer fassen. Das Prinzip der Lehmannschen Maschine ist folgendes:

In einem cylindrischen Raume bewegen sich zwei Stempel, ein schmaler *A* und ein sehr viel grösserer *B*, welcher etwa die

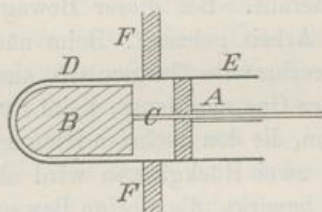


Fig. 124.

Hälfte des ganzen Raumes füllt, aber nicht eng an den Wänden anliegt. Die Führungsstange *C* des zweiten Kolbens geht in einer Stopfbüchse durch den ersten hindurch. Der cylindrische Raum wird durch eine, die Wärme schlecht leitende Wand *F* aussen in zwei Teile geteilt: *D* liegt in der Feuerung, *E* ist von kaltem Wasser umspült. Wenn sich nun *B*, der Verdränger, in der gezeichneten Lage befindet, so ist die gesamte Luft in der kühlen Abteilung, übt eine kleine Spannung aus, und *A*, der Arbeitskolben, wird durch den äusseren Druck der Atmosphäre hineingeschoben. Wird aber *B* nach rechts in den kalten Raum gebracht, so wird die Luft in den heissen gedrängt, ihre Spannung wächst und *A* wird hinausgetrieben. Durch Verschieben von *B* wird also *A* in hin und her gehende Bewegung versetzt, wodurch ein Schwungrad getrieben wird, welches seinerseits den Verdränger *B* bewegt

— ähnlich wie bei der Dampfmaschine der Schieber von der Maschine selbst passend umgestellt wird.

Bei anderen Systemen (Rider und Lauberau-Schwartzkopff) bewegen sich Verdränger und Arbeitskolben in getrennten Räumen, bei wieder anderen wird jedesmal eine neue Luftmasse erhitzt, die alte ausgestossen u. s. w.

Endlich sind die jetzt sehr viel benutzten Gasmotoren zu erwähnen; der erste ist von Lenoir (1860) angegeben, während die beste Konstruktion von Otto (1865) herrührt. Hier bewegt sich in einem Cylinder ein Kolben; geht der Kolben vom Boden des Cylinders nach aussen, so saugt er durch zu dieser Zeit geöffnete Ventile ein Gemisch von Luft und Gas in den Cylinder, welches explosibel ist. Kehrt der Kolben seine Bewegung um, so sind die Ventile geschlossen, das Gas wird komprimiert. Im Moment, wo der Kolben wieder seine dem Boden des Cylinders nächste Stellung erreicht hat, wird ein Schieber geöffnet, so dass eine Flamme mit dem Cylinderinhalt, in Berührung kommt; das Gas explodiert und treibt den Kolben heraus. Bei dieser Bewegung allein wird also durch die Maschine Arbeit geleistet. Beim nächsten Rückgang des Kolbens wird das verbrannte Gasgemisch ausgetrieben, beim folgenden Hingang neues Gas angesaugt, beim Rückgang komprimiert, dann erfolgt Explosion, die den nächsten Hingang beschleunigt u. s. w. Von zwei Hin- und zwei Rückgängen wird also nur ein Hingang durch die Explosion bewirkt, die übrige Bewegung muss durch die Trägheit des Schwungrades bewirkt werden, welches auch die Regulierung der Ventile und Schieber besorgt. Die Wichtigkeit der Gasmotoren beruht darauf, dass sie jeden Augenblick in Bewegung gesetzt werden können, während die Dampfmaschinen, welche billiger arbeiten, lange Zeit vorher angeheizt werden müssen, bis die grosse Wassermenge zum Sieden erhitzt ist.