

EINLEITUNG.

In unseren Dampfmaschinen bewegt der Dampf behufs Leistung mechanischer Arbeit einen Kolben hin und her, der dichtschiessend in einem geschlossenen Gefässe, dem Dampfzylinder, innerhalb gewisser Grenzen in gerader Richtung verschoben werden kann. Fest verbunden mit dem Kolben ist die Kolbenstange, die in besonderen Stopfbüchsen dampf- und luftdicht durch einen oder beide Deckel des Cylinders geht. Die geradlinige Bewegung von Kolben und Kolbenstange wird bei den in diesem Buche zu betrachtenden Maschinen vermittelt einer einfachen Schubkurbel in die rotierende Bewegung, der sogenannten Kurbelwelle umgesetzt, von der aus dann eine Transmissionswelle oder die Welle einer Arbeitsmaschine angetrieben wird. Die Schubkurbel besteht aus der Schubstange und der Kurbel. Die erstere vollführt, da sie mit ihrem einen Ende der hin- und hergehenden Kolbenstange, mit ihrem anderen der mit der Kurbelwelle fest verbundenen und rotierenden Kurbel folgen muss, eine schwingende Bewegung und sucht deshalb in ihrer Schwingungsebene bei schräger Stellung das anschliessende Ende der Kolbenstange durchzubiegen. Um das zu verhüten, ist auf der Kolbenstange ein Kreuzkopf befestigt, der sich in einer Geradföhrung stützt und den Kreuzkopffzapfen zum Anschluss der Schubstange enthält. Zum Anschluss der Schubstange an die Kurbel dient ein zweiter Zapfen, den man als Kurbelzapfen bezeichnet. Die Kurbelwelle dreht sich in mindestens zwei Lagern, den sogenannten Kurbelwellenlagern. Diese, sowie die Geradföhrung und der Cylinder sind teils direkt, teils vermittelt eines Rahmens, der alle inneren Kräfte ohne merkliche Erschütterungen und Deformationen aufzunehmen hat, auf dem Maschinenfundamente befestigt.

Bei einer Umdrehung der Kurbelwelle kommen die Mittellinien von Kurbel, Schub- und Kolbenstange zweimal in ein und dieselbe gerade Linie zu liegen. Kolben und Kreuzkopf befinden sich dann in den Endlagen ihres Hubes, und der Dampfdruck, der ebenfalls in der Richtung dieser Geraden wirkt, ist nicht imstande, die Maschine aus diesen Lagen zu bringen. Man nennt deshalb die letzteren die Totlagen der Dampfmaschine und unter-

scheidet, je nachdem in beiden die Kurbel dem Cylinder näher oder entfernter liegt, bei liegenden Maschinen eine innere bzw. äussere, bei stehenden mit oben befindlichem Cylinder auch eine obere bzw. untere Totlage. Um der Maschine über die genannten Lagen hinwegzuhelfen, bedarf es bei allen Eincylindermaschinen und bei denjenigen Mehrzylindermaschinen, deren Kolben etc. gleichzeitig die Totlagen erreichen, einer weiteren Kraft, die durch die Trägheit der rotierenden Masse des Schwungrades ausgeübt wird; das letztere ist auf der Kurbelwelle befestigt. Bei Mehrzylindermaschinen, bei denen die einzelnen Schubkurbeln nicht gleichzeitig in die Totlagen kommen, helfen sich Schubkurbeln gegenseitig über diese Lage hinweg.

Ein weiterer Zweck des Schwungrades, dem es bei allen Maschinen zu dienen hat, ist der folgende. Der Druck des Dampfes auf den Kolben ist in den Dampfmaschinen, wie später gezeigt wird, nicht konstant. Das Gleiche ist meistens auch mit dem an der Kurbelwelle angreifenden Widerstande der Fall. Beides bewirkt eine periodisch veränderliche Geschwindigkeit der Kurbelwelle, zumal auch das Verhältnis zwischen Kolben- oder Kreuzkopfweg und gleichzeitig zurückgelegtem Kurbelweg während eines Hubes nicht dasselbe bleibt. Diese periodische Veränderlichkeit und Schwankungen in der Geschwindigkeit der Kurbelwelle in enge Grenzen einzuschränken und dadurch den Gang der Maschine während einer Umdrehung gleichmässiger und ruhiger zu gestalten, ist die weitere Aufgabe des Schwungrades bei jeder Maschine.

Während einer Umdrehung der Kurbelwelle werden zwei einfache Hübe vom Kolben und Kreuzkopf durchlaufen; der eine derselben ist ein Hin-, der andere ein Rücklauf. Beim Hinlauf bewegen sich Kolben und Kreuzkopf nach der Kurbelwelle hin, beim Rücklauf von dieser fort. Die Drehung einer liegenden Maschine kann ferner vor- und rückwärts erfolgen. Im ersteren Falle wird beim Hinlauf die obere, beim Rücklauf die untere Hälfte des von der Kurbelzapfenmitte beschriebenen Kurbelkreises durchlaufen, im letzteren Falle findet das Umgekehrte statt.

Von den beiden Seiten des Kolbens einer Dampfmaschine nennt man die der Kurbelwelle näher liegende die Kurbel-, die andere die Deckelseite. Jede von ihnen muss abwechselnd mit einem Kanal, durch welchen der vom Kessel kommende frische Dampf eintreten, und mit einem solchen, durch welchen der im Cylinder benutzte Dampf austreten kann, in Verbindung gesetzt werden. Diese Kanäle bezeichnet man als Ein- und Austrittskanäle und diejenige Kolbenseite, auf welche der frische Dampf während des grössten Teiles eines einfachen Hubes treibend wirkt, die hintere, diejenige, auf welcher während dieser Zeit der Dampf austritt, die vordere Kolbenseite. Jede Seite eines Kolbens wird abwechselnd vordere und hintere. Damit dies eintritt, damit also jede Kolbenseite abwechselnd und rechtzeitig mit dem frischen Dampf und der Austrittsleitung in Verbindung gesetzt wird, hat jede Dampfmaschine eine Vorrichtung, welche die Steuerung heisst. Man unterscheidet eine innere und eine äussere Steuerung; die erstere besteht aus den Abschlussorganen, also aus Schiebern, Ventilen, Hähnen, welche die Ein- und Austrittskanäle öffnen und schliessen, die letztere ist der Mechanismus, durch welchen von der Kurbelwelle aus diese Abschlussorgane bewegt werden. Steht der Kolben in einer seiner Totlagen, so verbleibt zwischen ihm und den Abschlussorganen, sowie dem Cylinderdeckel an dieser Seite ein gewisser Raum. Derselbe wird der schädliche Raum genannt, weil der in ihm enthaltene frische Dampf mehr oder weniger für die Nutzwirkung der Maschine verloren ist.

Die Zahl der von einer Dampfmaschine zu betreibenden Arbeitsmaschinen, sowie die Belastung der letzteren ist nicht immer dieselbe und also auch der von der Dampfmaschine zu überwindende Widerstand veränderlich. Diese Veränderlichkeit übt auf den Gang der Dampfmaschine einen Einfluss derart aus, dass bei abnehmendem Widerstande die Maschine das Bestreben hat, eine grössere, bei wachsendem Widerstande eine kleinere Geschwindigkeit und Umdrehungszahl anzunehmen. Zur Vermeidung bzw. Verminderung dieser so entstehenden Geschwindigkeits-Differenzen muss jede Dampfmaschine eine Regulier Vorrichtung besitzen. Dieselbe kann in doppelter Weise wirken. Entweder nämlich dadurch, dass vermittelt einer Drosselklappe in der Dampfzuleitung der frische Dampf, ehe er in die Maschine tritt, entsprechend der Belastung der letzteren gedrosselt, d. h. durch stärkere oder geringere Querschnittsverengung dieser Leitung in seiner Spannung mehr oder weniger heruntergebracht wird, oder dadurch, dass man bei Änderungen im Widerstande an der Maschine die während eines einfachen Hubes hinter den Kolben tretende Menge frischen Dampfes, also die später erklärte Füllung, und dadurch die Arbeit des Dampfes verkleinert oder vergrössert. Von beiden Regulierungsarten ist die durch Drosselung des Dampfes bewirkte die weniger vorteilhafte¹⁾, da bei ihr der Dampf, will man zeitweise noch grössere Wider-

1) Eine mässige Drosselung kann indes, wie später gezeigt wird, unter Umständen wohl vorteilhaft sein.

stände als den mittleren durch die Maschine überwinden, auch bei dem am häufigsten bei jeder richtig und zweckmässig bemessenen Maschine auftretenden, mittleren Belastungszustande gedrosselt werden muss, also fast stets einen Spannungsabfall erleidet und nur ausnahmsweise, nämlich bei der grössten Belastung, ohne einen solchen in die Maschine tritt.

Das Einstellen der Drosselklappe, dem jeweiligen Belastungszustande der Maschine entsprechend, geschieht stets selbstthätig durch die Maschine vermittelt des sogenannten Regulators, das Einstellen der Füllung auch durch diesen oder von Hand. Bei der letzteren Art der Füllungsänderung besitzt die Maschine aber noch eine vom Regulator beeinflusste Drosselvorrichtung, um durch diese bei plötzlichen Abnahmen in der Belastung das Durchgehen der Maschine zu verhüten.

Die Regulatoren unserer Dampfmaschinen sind fast ausnahmslos Centrifugalregulatoren, bestehend aus zwei durch schwere Kugeln belasteten Pendeln, die scharnierartig mit der Kurbel- oder einer von dieser gedrehten Welle und mit einem Stellzeug verbunden sind; letzteres wirkt auf die Drosselklappe bzw. den äusseren Steuerungsmechanismus ein. Bei normaler Geschwindigkeit der Maschine sind dann die beiden Pendel in einer von dem Belastungszustande der ersteren abhängigen Lage im Gleichgewicht. Wird die Geschwindigkeit grösser, so gehen sie weiter auseinander und bewegen das Stellzeug in der einen Richtung, nimmt die Geschwindigkeit ab, so nähern sie sich und bewegen das Stellzeug in der entgegengesetzten Richtung. Die durch den Regulator bewirkte Regulierung kann aber niemals eine ganz vollkommene sein, da sie ja erst beginnt, der Regulator also erst zur Einwirkung auf die Drosselklappe oder die Steuerung kommt, wenn schon eine Änderung in der Geschwindigkeit der Maschine eingetreten ist. Bei allen besseren Regulatoren sind die verbleibenden Abweichungen von der normalen Geschwindigkeit indes äusserst gering.

Die heutigen Transmissions-Dampfmaschinen sind alle Expansionsmaschinen, d. h. der Eintritt des frischen Dampfes hinter den Kolben hört bei ihnen auf, wenn der letztere nur einen Teil seines Hubes zurückgelegt hat. Während des noch verbleibenden Kolbenweges wirkt der im Cylinder eingeschlossene Dampf durch seine Expansivkraft weiter treibend auf den Kolben, wobei das Volumen des Dampfes zu-, die Spannung abnimmt. Das Verhältnis des Kolbenweges, während welches frischer Dampf in den Cylinder strömt, zum ganzen Kolbenhube heisst die Füllung oder der Füllungsgrad. Bei den älteren Volldruckmaschinen, bei denen während des ganzen Hubes Dampf hinter den Kolben trat, wurde die Expansivkraft des Dampfes gar nicht ausgenützt, da bei ihnen der Dampf zu Ende des Hubes, also zu Beginn des Dampfaustrittes, noch die volle Spannung des frischen, eintretenden Dampfes besass. Der Dampfverbrauch war deshalb auch bei diesen ein viel grösserer als bei den Expansionsmaschinen.

Unsere heutigen Transmissions-Dampfmaschinen trennt man weiter in Auspuff- und Kondensations-

maschinen. Bei den ersteren tritt der Dampf, nachdem er im Cylinder gewirkt hat, ins Freie, steht also der Ausströmungskanal mit der äusseren Atmosphäre in Verbindung und herrscht vor dem Kolben während des Dampfaustrittes, wenn man von den Widerständen, welche der ausströmende Dampf in seiner Rohrleitung findet, absieht, die Spannung der Atmosphäre. Bei den letzteren hingegen leitet man den ausströmenden Dampf in einen besonderen Raum, den Kondensator, und verdichtet ihn hier durch Abkühlung zu Wasser, wobei ein luftverdünnter Raum, also vor dem Kolben eine Pressung erzeugt wird, die viel geringer als bei den Auspuffmaschinen ist. Da diese Pressung vor dem Kolben durch den treibenden Druck hinter dem Kolben überwunden werden muss, so ist unter sonst gleichen Verhältnissen der treibende Überdruck auf beiden Kolbenseiten bei einer Auspuffmaschine kleiner als bei einer Kondensationsmaschine, wobei allerdings nicht ausser acht gelassen werden darf, dass bei den letzteren Maschinen der treibende Kolbendruck noch die zum Betriebe des Kondensators bezw. dessen Pumpen erforderliche Arbeit zu leisten hat.

Schliesslich trennt man die hier zu betrachtenden Dampfmaschinen in Eincylinder- und Mehrzylinder- oder gekuppelte Maschinen. Haben bei den letzteren, bei denen zwei oder mehr Maschinen an eine und dieselbe Kurbelwelle gekuppelt sind, alle Cylinder gleiche Dimensionen, und tritt der frische Dampf in alle Cylinder ein, wirkt auch in allen in derselben Weise, so bezeichnet man die Maschinen als Zwillings-, Drillingsmaschinen. Die Kurbeln derselben sind stets gegeneinander versetzt, erreichen also niemals gleichzeitig die Totlagen. Kuppelt man hingegen zwei oder drei Cylinder von verschiedenen Dimensionen, lässt dabei den frischen Dampf nur in den kleinsten Cylinder treten und, nachdem er hier expandiert hat, im zweiten bezw. auch im dritten weiter expandieren, aus dem letzten Cylinder also erst ins Freie oder in den Kondensator strömen, so benennt man die Maschine in verschiedener Weise, nämlich kurz als Zwei-, Drei- bezw. Mehrzylindermaschine oder als Zwei-, Dreifach- (besser Zwei-

Dreimal-) Expansionsmaschine oder schliesslich als Verbundmaschine¹⁾ mit zwei, drei Cylindern. Die Zweifach- oder Zweimal-Expansionsmaschine trennt man wieder in die älteren Woolfschen und die neueren Aufnehmer- oder Receivermaschinen. Bei den ersteren wird das Steuerungsorgan für den Dampfaustritt des kleinen oder Hochdruckcylinders und dasjenige für den Dampfaustritt des grossen oder Niederdruckcylinders von einer und derselben Vorrichtung bewegt, tritt also der Dampf aus dem kleinen Cylinder direkt in den grossen über. Bei den letzteren dagegen dienen zwei getrennte Vorrichtungen zur Bewegung der erwähnten Steuerungsorgane, und gelangt der aus dem kleinen Cylinder strömende Dampf erst in einen Aufnehmer oder Receiver, bevor er in den grossen Cylinder tritt. Bei den Woolfschen Maschinen müssen die Kurbeln um 0 oder 180° gegeneinander versetzt sein, also gleichzeitig gleiche oder entgegengesetzte Totlagen erreichen. Bei den Receivermaschinen können die Kurbeln einen Winkel von 0, 90 oder 180° miteinander bilden. Bei 0° befinden sich beide Cylinder hinter- oder übereinander und wirken an einer und derselben Kurbel, eine Anordnung, die unter dem Namen Tandemmaschine bekannt ist, bei 90 und 180° liegen die beiden Cylinder nebeneinander und wirken an zwei verschiedenen Kurbeln, von welchen beiden Bauarten diejenige mit unter 90° versetzten Kurbeln den Namen Compound-Receivermaschine führt. Bei den Dreifach- oder Dreimal-Expansionsmaschinen, deren Cylinder man als kleinen, mittleren und grossen oder Hoch-, Mittel- und Niederdruckcylinder bezeichnet, sind entweder drei unter 120° gegeneinander versetzte Kurbeln, also drei nebeneinander befindliche Cylinder, oder zwei unter 90° gegeneinander verstellte Kurbeln vorhanden, wobei dann zwei Cylinder (gewöhnlich Hoch- und Niederdruckcylinder) eine gemeinsame Kurbel haben und hinter- oder übereinander liegen.

1) Die von Reuleaux eingeführte Bezeichnung „Verbundmaschine“ gilt eigentlich nur für Maschinen mit zweimaliger Expansion des Dampfes.