

heit der Wasser- und Oelschichten ab und ist dem Unterschied der Dampfdrucke auf beiden Schieberseiten, sowie dem Umfange der Kanalöffnung direkt proportional; sie nimmt mit der Breite der Arbeitsflächen des Schiebers ab. Die von Undichtheiten des Kolbens herrührenden Verluste sind in Anbetracht der nur geringen Druckunterschiede auf beiden Seiten desselben nur unbedeutend. Bei der einfach wirkenden ohne Kondensation arbeitenden Versuchsmaschine ergab sich während der Einströmung ein Dampfverlust von 7 kg in der Stunde mit einer Spannung von 2,2 at. Während der Expansion von 25 bis 70% des Kolbenhubes wurde der Verlust zu 1,1 kg in der Stunde ermittelt, woraus hervorgeht, was im übrigen ohne weiteres einzusehen ist, dass während der Einströmung, infolge der grossen Druckunterschiede auf beiden Kolbenseiten, die grössten Verluste auftreten.

Aus den Versuchen geht hervor, dass ein in Bewegung befindlicher Schieber, auch wenn er noch so vorzüglich adjustiert ist, Verluste verursacht, wie man sie bisher nicht vermutete. Solange der Schieber fest liegt, bildet die adhärerende Oelschicht eine vollkommene Abdichtung, sobald er aber bewegt wird, verliert die Oelschicht ihren Zusammenhang. Der Dampf schlägt sich auf den während der Bewegung des Schiebers entsprechend kälteren Flächen desselben nieder und das so gebildete Wasser durchdringt und zerreisst die Oelschicht unter der doppelten Wirkung des gespannten Dampfes und der Schieberbewegung. Durch die Wiederverdampfung des Wassers, die teilweise im Augenblicke des Austretens aus dem Schieberkasten erfolgt, werden die Schieberflächen entsprechend abgekühlt, so dass der sie berührende Dampf in Form von Wasser entweichen muss. Man vermutet, dass diejenige Wassermenge, welche unter dem Einflusse einer gegebenen Druckdifferenz durch irgend eine undichte Stelle des Schiebers oder der Gleitfläche desselben getrieben wird, 20- bis 50mal grösser ist als die Dampfmenge, welche diese Stelle unter gleichen Bedingungen durchströmt.

Hiermit hängen die bisher nur der Kondensation und der Wiederverdampfung zugeschriebenen Wasserverluste möglicherweise zusammen, welche die Dampfverluste bedeutend übersteigen und bei früheren Untersuchungen nur wenig beachtet worden sind. Die Wichtigkeit derselben in Bezug auf den Dampfverbrauch einer Maschine rechtfertigt im höchsten Grade die Vornahme weiterer Untersuchungen mit verschiedenen Arten von Schiebern. Es ist nicht ausgeschlossen, dass in manchen Fällen die Schieberverluste den weitaus grössten Teil des Dampfverbrauches einer Maschine ausmachen. Sie sind, wie bereits hervorgehoben, dem Druckunterschiede auf beiden Seiten des Schiebers anscheinend proportional, von der Geschwindigkeit aber ganz unabhängig. Da sie mit der Kondensation des Dampfes auf den Schieberflächen zusammenhängen, könnten sie bei Verwendung zweckmässig angeordneter Dampfmäntel oder von überhitztem Dampfe verringert, bezw. ganz in Wegfall gebracht werden. Die bei Zweifach- und Dreifachexpansionsmaschinen gegenüber den Einzylindermotoren erreichte Dampfökonomie ist vielleicht zum Teil auch eine Folge der bei diesen Maschinen in weit geringerem Masse auftretenden Schieberverluste.

Aus dem Vorstehenden lässt sich, als am wichtigsten, die Schlussfolgerung ziehen: *Die Kondensation auf der Oberflächenschicht der Cylinderwandung ist dem Temperaturunterschiede zwischen Dampf und Wandungen proportional.* In der Versuchsmaschine war die Kondensation auf der Wandung des Deckels etwas geringer als auf derjenigen des Cylinders — eine Erscheinung, die in der verschiedenen Beschaffenheit der Oberflächen ihren Grund haben wird; die eine ist matt, die andere sauber poliert.

Berücksichtigt man alle Umstände, welche auf die Ergebnisse der Versuche einwirken können — auch die Höhe der Wasserschichten —, so lässt sich weiter folgern: *Die Kondensation des Dampfes auf den sauberen und trockenen Oberflächen des Cylinders entspricht im vorliegenden Falle für jeden Quadratmeter derselben und für jeden Grad (Celsius) Temperaturunterschied zwischen Dampf und Metall einer Wärmemenge von 4 Kal. in der Sekunde.*

Es ist ferner daran zu erinnern, dass der gesamte auf den Oberflächen kondensierte und diesen in Form von

Wasser anhaftende Dampf den Wandungen eine gewisse Wärmemenge mitteilt. Dieselbe entspricht dem Unterschiede der ursprünglich in dem Dampfe enthaltenen und der durch das anhaftende Wasser mitgerissenen Wärme. Um über die Grösse der Kondensation pro Quadratmeter und Stunde bei irgend einer Temperaturveränderung im Verlaufe des Kolbenhubes Aufschluss zu erhalten, zeichnet man die aus den Indikatordiagrammen abgeleitete Temperaturkurve auf, danach die den Mitteltemperaturen der Wandungen entsprechende Linie, welche die Kurve in irgend einem Punkte schneidet. Die über dieser Linie liegende Fläche des Diagramms ist „die Kondensationsfläche“.

Behufs Berechnung der Kondensation des Dampfes aufgestellte Formeln stützen sich darauf, dass dieselbe in einem Cylinder in erster Linie von den Temperaturveränderungen, welche in demselben auftreten, abhängig ist.

Was die Wirkung des im Cylinder befindlichen Wassers anbelangt, so sind Callendar und Nicolson der Ansicht, dass, sofern es sich um grössere Wasseransammlungen handelt, hierdurch weder eine Vergrösserung noch eine Verminderung der Kondensation hervorgerufen wird; die Wirkung des Wassers auf die Kondensation ist anscheinend Null. In dem nicht ummälten Niederdruckcylinder einer mit hinreichend gesättigtem Dampf gespeisten Maschine wird die Kondensation ihre äusserste Grenze erreichen, da in diesem Falle wegen der dem Dampfe dargebotenen grossen Oberflächen und weil die von unvollkommener Abdichtung des Schiebers herrührenden Verluste in Anbetracht der nur geringen Unterschiede zwischen den auf beiden Schieberseiten herrschenden Drucken verhältnismässig gering ausfallen, die im Cylinder auftretenden Dampfverluste bedeutend überwiegen. Das Gegenteil wird in dem ummälten Hochdruckcylinder einer Dampfmaschine der Fall sein. Geschwindigkeitsänderungen, wie sie im gewöhnlichen Betriebe auftreten, werden im allgemeinen nur geringen Einfluss auf die Kondensation haben. Wenn die Geschwindigkeit anwächst, ist allerdings, da jetzt die Temperaturveränderungen des Metalls kleiner werden und ein grösserer Wärmeverlust während der Ausströmung eintritt, eine geringe Zunahme der Kondensation zu erwarten, doch steht dem gegenüber, dass innerhalb einer Zeiteinheit mehr Wärme in die Maschine gelangt und infolge höherer Temperatur der Wandung die Kondensation sich verringert.

In einer doppelt wirkenden Maschine wird die Wärmeströmung längs des Cylinders bei einem früheren Dampfabschlusse nur etwa halb so gross sein als in einer einfach wirkenden Maschine und vollständig verschwinden, wenn die Maschine mit grosser Füllung arbeitet. Die Temperatur der Wandung wird sich erhöhen und die Kondensation auf den Kolbenflächen sich wahrscheinlich um die Hälfte verringern. Andererseits wird infolge Wärmeströmung vom Kolben durch die Kolbenstange nach dem gusseisernen Maschinenbett hin, an dem der Cylinder befestigt ist, die der Kurbel zugekehrte Seite desselben eine etwas niedrigere Temperatur annehmen als die andere Seite.

Bei der Versuchsmaschine würde die Verringerung der Kondensation bei doppelter anstatt einfacher Wirkung des Arbeitsdampfes etwa 30% betragen, d. h. sie würde nicht um den doppelten Betrag grösser ausfallen, sondern sich nur um etwa 40% des Betrages der einfach wirkenden Maschine erhöhen.

Die Versuche scheinen auch die Behauptung von Hirsch zu bestätigen, dass die Wiederverdampfung der an dem Deckel und den heisseren Stellen der Wandung haftenden Wasserteilchen einen explosiven Charakter annimmt, mit anderen Worten, dass das Wasser so schnell von diesen Wandungen verschwindet, dass es nicht Zeit hat, ihnen alle zur Verdampfung nötige Wärme zu entziehen.

Eine wichtige Thatsache ist die von der Kompression herrührende Ueberhitzung des Dampfes in den schädlichen Räumen. Hierdurch wird der Wärmeverlust bei der Ausströmung, der neben der anfänglichen Feuchtigkeit des Dampfes in Bezug auf Wärmeentziehung der Wandung die grösste Rolle spielt, zum Teil ausgeglichen. Der überhitzte Dampf vermindert nicht nur, indem er die Temperatur der Wandung erhöht, die Anfangskondensation, sondern er gibt während der Expansion trockenen anstatt gesättigten Dampf und vermindert damit auch die Wärmeverluste