

In beiden Fällen war der Boden des betreffenden Loches durch eine nur 1 mm starke Metallschicht von der Innenfläche der Wandung entfernt.

Vergleicht man die Temperaturschwankungen in der Oberflächenschicht des Metalles mit den aus den Indikator- diagrammen abgeleiteten, so findet man, dass selbst bei der geringsten Geschwindigkeit von 44 minutlichen Umdrehungen der Dampf nicht genügend Zeit hatte, die Temperatur der Wandung um mehr als einige Grade zu erhöhen.

Die grösste während einer Umdrehung ermittelte Temperaturschwankung war $11,5^\circ$ (bei 44 minutlichen Umdrehungen). In der Kondensationsperiode des Einströmdampfes, die etwa $\frac{1}{3}$ Sekunde andauerte, stieg die Temperatur der Wandfläche auf 149° , während der Dampf im letzten Teile der Periode eine solche von 164° hatte.

Callendar und Nicolson sind der Ansicht, dass diese Temperaturverschiedenheit einer die Wandung berührenden dünnen Schicht von Wasser oder Oel zuzuschreiben ist.

Unmittelbar nach den Versuchen angestellte Untersuchungen zeigten, dass eine noch nicht $\frac{1}{100}$ mm hohe Fettschicht an der Wandung des Cylinders haftete. Was die Hypothese von grösseren Wasseransammlungen im Cylinder anbelangt, so ist anzuführen, dass die grösste von der Wandung desselben absorbierte Wärmemenge 16,2 Kal. pro Quadratmeter war; dieser Wert entspricht einer Kondensationswasserschicht von etwa $\frac{1}{100}$ mm Höhe. Wenn der Widerstand der Wandung gegen Wärmefortpflanzung einer etwaigen Wasserschicht zugeschrieben werden soll, so setzt dies voraus, dass nicht alles Wasser verdampft, sondern stets eine auf der ganzen Innenfläche des Cylinders regelmässig verteilte Wasserschicht übrig bleibt. Man hat allen Grund, anzunehmen, dass eine derartige Wasserschicht bei den Versuchen nicht vorhanden gewesen ist.

Hiernach lässt sich folgender Satz aufstellen: *Die Kondensation des Dampfes ist ihrem Umfange nach physikalisch bestimmt und dem Unterschiede der Temperaturen zwischen Dampf und Wandung proportional.*

Die Wiederverdampfung erfolgt anscheinend nach demselben Gesetz wie die Kondensation.

Zur Vergleichung der aus den Indikator- diagrammen abgeleiteten Temperaturen diente ein in den feuchten Dampfstrom gebrachtes elektrisches Platinthermometer, welches die Veränderungen der Temperatur während eines Doppelhubes anzeigte. Die Werte der einzelnen Ablesungen dienten auch hier zur Aufzeichnung einer Kurve.

Man fand, dass der Dampf am Ende der Kompression um etwa 56° überhitzt war! Während der Einströmung ging die Temperatur schnell herunter. Unmittelbar nach dem Abschiessen des Einströmdampfes zeigte das Thermometer eine um $1,5^\circ$ niedrigere Temperatur gegenüber derjenigen, welche während derselben Umdrehung aus den Indikator- diagrammen entnommen wurde. Diesem Temperaturabfall von nur kurzer Dauer folgte während der Expansion ein Steigen der Thermometerkurve über diejenige des Indikators. Während der Ausströmperiode näherte sich, mit Ausnahme eines plötzlichen Abfalles bei Beginn derselben, die Temperatur beständig derjenigen der Wandungen.

Bei anderen Versuchen wurde das elektrische Thermometer am Kolben selbst befestigt, so dass es die Bewegungen desselben mitmachen musste; die Enden des Platindrahtes gingen durch die hohle Kolbenstange. Damit konnte die Temperatur des gesamten Dampf- volumens inmitten des Cylinders gemessen werden. Es zeigte sich, dass die Temperaturschwankungen des feuchten Dampfes mit denjenigen aus den Indikator- diagrammen abgeleiteten nahezu übereinstimmten. Durch das bewegliche Thermometer angezeigte Temperaturen schwankten z. B. zwischen 100° und 169° , diejenigen aus den Indikator- diagrammen ermittelten zwischen 100° und 162° . Im ersteren Falle wurde die Mitteltemperatur des Dampfes während eines Kolbenhubes zu $120,5^\circ$, im letzteren zu $121,5^\circ$ ermittelt.

Die so gewissermassen beglaubigten Temperaturschwankungen lassen darauf schliessen, dass die Temperatur des Dampfes während der Kompression und Expansion starken Schwankungen ausgesetzt ist, während der Ausströmung und hauptsächlich in der Nähe der Wandungen aber nahezu diejenige der letzteren annimmt. Etwaige Wasseransammlungen

in den schädlichen Räumen erscheinen wenig glaubhaft. Der in diese tretende überhitzte Dampf verhütet jedenfalls jegliche Kondensation. Bei Vergleichung der mit dem beweglichen Platinthermometer erhaltenen und der aus den Indikator- diagrammen abgeleiteten Temperaturen zeigte sich, dass letztere unzweifelhaft die Mitteltemperatur der feuchten Dampfmasse angeben. Bei allen Versuchen war man sorgfältig darauf bedacht, nur trockenen und keinen überhitzten Dampf in den Cylinder einzuführen. Um die Temperatur des Dampfes jederzeit ablesen zu können, waren Kessel und Dampfleitung mit Thermometern ausgerüstet. Die in dem Cylinder ermittelte Ueberhitzung des Dampfes dürfte vorzugsweise der Kompressionswirkung zuzuschreiben sein. Während der Expansion und bei Beginn der Ausströmung war die Temperatur des Dampfes jedenfalls niedriger, als aus dem Indikator- diagramm hervorgeht.

Weitere Versuche wurden angestellt, um die infolge unvollkommener Abdichtungen des Schiebers und Kolbens auftretenden Wasser- und Dampfverluste kennen zu lernen. Diese Verluste sind beim Stillstand der Maschine gering oder überhaupt nicht vorhanden; sie treten aber in erheblichem Masse auf, wenn die Maschine in Bewegung kommt. Wie bereits eingangs hervorgehoben, hat man ihnen bisher wohl kaum genügende Beachtung geschenkt.

Um zunächst die Schieberverluste zu ermitteln, entfernte man den Kolben und setzte die Maschine mittels eines zweiten Motors in Bewegung. Die in der gewöhnlichen Weise bethätigte Schieberstange wurde mit dem Papiercylinder des am Cylinder befestigten Indikators verbunden. Derselbe zeigte im Anfange der Schieberbewegung eine Spannung von $1,34 \text{ kg/qcm}$, was auf ungeheure Verluste schliessen lässt. Nachdem man den Schieber herausgenommen und gründlich gereinigt hatte, zeigte der Indikator bei einem späteren Versuche nur noch eine Spannung von $0,34 \text{ kg/qcm}$. Nach den Ablesungen am Manometer hatte der Dampf beim ersten Versuche eine Spannung von 6,8, beim anderen eine solche von $5,7 \text{ kg/qcm}$. Die Maschine lief mit 46 minutlichen Umdrehungen. Die ermittelten Verluste stellten sich auf 17,5 bzw. 13,9 kg Dampf in der Stunde.

Um diejenige Dampfmenge kennen zu lernen, welche aus dem Schieberkasten direkt in den Auspuffkanal entweicht und damit, ohne Arbeit verrichtet zu haben, die Maschine verlässt, wurden die beiden im Schieberspiegel liegenden Einströmkanäle zugemacht. Man entfernte ferner wieder den Kolben und setzte nur den Schieber allein mit Hilfe eines Elektromotors in Bewegung. Innerhalb eines Zeitraumes von 25 Minuten kondensierten 51 kg Dampf von $6,4 \text{ kg/qcm}$ Manometerspannung. Die Verluste infolge unvollkommener Abdichtung des bei der Versuchsmaschine angeordneten Flachschiebers wachen anscheinend in dem Masse, als die adhärerende Oelschicht zwischen den Gleitflächen des letzteren und des Cylinders mehr und mehr verschwindet. Bei einem zweiten Versuche kondensierten in 66,5 Minuten 141 kg Dampf von nur $5,6 \text{ kg/qcm}$ Spannung.

Die Verluste sind offenbar dem Unterschiede der auf den beiden Schieberseiten herrschenden Drucke proportional, oder aber, in Kilogrammen Wasser pro Stunde ausgedrückt, für einen gegebenen Schieber gleich einer Konstanten multipliziert mit dem Unterschiede der Dampfspannungen auf beiden Seiten des Schiebers. Die Konstante als „Mass des Schieberverlustes“ (the rate of leak of the valve) bezeichnet, hatte im vorliegenden Falle den Wert 1,36 kg in der Stunde. Die Indikator- diagramme geben nicht den geringsten Anhalt über derartige Verluste, obwohl dieselben die Versuchsergebnisse bedeutend beeinflussen.

Auf ähnliche Weise wie vordem sind auch die Schieberverluste einer Vierfachexpansionsmaschine in dem Laboratorium zu Montreal ermittelt worden. Es ergab sich der Verlust des Hochdruckschiebers zu 17,3 kg, derjenige des Niederdruckschiebers zu 18,6 kg Wasser in der Stunde bei einem Druckunterschiede des Dampfes im Schieberkasten und dem Ausströmrohr von $4,6 \text{ kg/qcm}$. Beim Stillstand der Maschine hielt der letztgenannte Schieber vollkommen dicht.

Callendar und Nicolson behaupten, dass die Schieberverluste hauptsächlich in Form von Wasser auftreten und stellten folgenden Satz auf: Die Menge des durch einen engen Spalt tretenden Wassers hängt von der Beschaffen-