

115. Beispiel der Untersuchung einer Maschine. So vollständig durchgeführte Versuche, wie sie für die Illustration der in Rede stehenden Untersuchungsmethoden erforderlich sind, werden selten vorgenommen, gewöhnlich nur für Studienzwecke benützt und gelangen somit nicht immer in die Öffentlichkeit. Die in jüngster Zeit veröffentlichte Untersuchung einer 600 PS. Dreicylinder-Dampfmaschine von H. Lorenz*), sowie die Versuche über die Anwendung überhitzten Dampfes zum Betriebe von Dampfmaschinen von Prof. Doerfel**) etc. können trotz ihrer außergewöhnlichen Vollständigkeit hier nicht als Unterlagen benützt werden, weil sich diese Versuche nur auf die Bestimmung der zugeführten Wärmemenge erstrecken. Es seien daher für den Vergleich der zugeführten und abgeführten Wärmemenge sowie der geleisteten Arbeit die Unterlagen eines von Mair-Rumley ausgeführten Versuches, auf welchen bereits § 98 hingewiesen wurde, benützt. Die Versuchsmaschine war eine Compound-Balanciermaschine mit Dampfmantel und Einspritzkondensator. Die Cylinder hatten einen Durchmesser von 535 und 915 mm bei einem Kolbenhub von 1125 mm. Die Speisewassermenge wurde durch 6 Stunden gemessen; der Luftpumpenauswurf wurde nach der im vorhergehenden Paragraphen beschriebenen Methode ermittelt. Die Versuchsergebnisse waren folgende:

Kesselspannung absolut 5,17 kg/qcm (Sättigungstemperatur 151,6° C,
 $h = 153,1$, $H = 652,74$, $L = 499,64 \pm 500$).

Dauer des Versuches 6 Stunden.

Umdrehungen 8632 oder 24,0 pro Minute.

Indizierte Leistung 125,6 PS.

Speisewasser 5458 kg.

Luftpumpenauswurf 552 kg pro Minute.

Mantelwasser 729 kg.

Trockenheit des zugeführten Dampfes 0,96.

Temperatur des Speisewassers $t_0 = 15^0$ C.

„ „ Einspritzwassers $t_1 = 10^0$ C.

„ „ Luftpumpenauswurfes $t_2 = 23^0$ C.

Daraus ergeben sich folgende Resultate:

Speisewasserverbrauch pro Umdrehung		0,632 kg
Mantelwasser	„ „	0,0844 kg
Füllungsampf	„ „	0,5476 kg
Einspritzwasser	„ „	$\left(\frac{552}{24} - 0,5476\right) = 22,45$ kg

*) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Jahrg. 1901, S. 649.

**) Ebenda, 1899, S. 601.

Von der Arbeitssubstanz pro Umdrehung aufgenommene Wärme

$$= 0,632 (qL + h - h_0)$$

$$= 0,632 (0,96 \times 500 + 153,1 - 15) = 389,38 \text{ W.E.}$$

In Arbeit verwandelte Wärme pro Umdrehung

$$= \frac{125,6 \times 10,57^*)}{24} = 55,31 \text{ W.E.}$$

Die pro Umdrehung abgeführte Wärme sollte daher betragen

$$389,38 - 55,31 = 334,07 \text{ W.E.}$$

Der weitaus größere Teil der Arbeitssubstanz, welcher als Cylinderfüllung zur Wirkung gelangt, gibt seine Wärme einerseits und hauptsächlich an das Injektionswasser, die Temperatur desselben von t_1 auf t_2 erhöhend, und andererseits in der Weise ab, daß dieser Teil selbst von der Temperatur t_2 der Luftpumpe auf die Temperatur t_0 des Speisewassers, mit welcher derselbe in den Kessel zurückgeleitet wird, abgekühlt werden muß. Die von diesem Teile der Arbeitssubstanz abgegebene Wärme beträgt daher pro Umdrehung der Maschine:

$$22,45 (t_2 - t_1) + 0,5476 (t_2 - t_0)$$

$$= 22,45 (23 - 10) + 0,5476 (23 - 15) = 296,23 \text{ W.E.}$$

Der restliche, zur Mantelheizung dienende Teil der Arbeitssubstanz gibt seine Wärme in der Weise ab, daß er von der Kondensationstemperatur des Dampfes auf jene Temperatur abkühlt, mit welcher er in den Kessel zurückgelangt. In dem vorliegenden Falle wurde das Mantelwasser in das Speisereservoir abgeleitet, die Temperatur desselben wurde daher auf die Temperatur des Speisewassers t_0 erniedrigt.

Die abgeführte Wärme des Manteldampfes beträgt daher pro Umdrehung der Maschine

$$0,0844 (h - h_0) = 0,0844 (153,1 - 15) = 11,65 \text{ W.E.}$$

Die abgeführte Gesamtwärme beträgt somit

$$296,23 + 11,65 = 307,88 \text{ W.E.}$$

Es erübrigt daher ein unbedeckter Rest von

$$334,07 - 307,88 = 26,19 \text{ W.E.}$$

Diese Wärmemenge geht teils als von der Luftpumpe ausgeworfener Dampf, teils durch Ausstrahlung der Luftpumpe, Rohrleitung, Cylinder etc., endlich durch direkte Undichtheiten verloren. Bei dem in Rede stehenden Versuche wurde der Verlust durch Ausstrahlung mit ungefähr 12 W.E.

*) 10,57 W.E. ist das Wärmeäquivalent einer Pferdekraft pro Minute

$$= \frac{75 \times 60}{426}$$

geschätzt*); nach Abzug dieses Betrages reduziert sich die offene Differenz auf 14,19 W.E. oder ungefähr $3\frac{1}{2}$ Prozent der aufgenommenen Wärmemenge.

Der Dampfverbrauch pro indizierte Pferdekraftstunde berechnet sich aus der Speisewassermenge mit

$$\frac{5458}{6 \times 125,6} = 7,24 \text{ kg.}$$

Die pro kg Dampf geleistete indizierte Arbeit ist somit äquivalent

$$\frac{270000}{7,24 \times 426} = 87,5 \text{ W.E.}$$

Betrachtet man den Wirkungsgrad des ganzen Kreisprozesses, dann sollte man von diesem Arbeitswärmewerte noch jenen Arbeitsbetrag abziehen, welcher zur Zurückführung des kondensierten Dampfes vom Kondensator in den Kessel erforderlich ist; dieser Betrag berechnet sich für 1 kg Dampf (0,001 cbm) bei der gegebenen Kesselspannung von 5,17 kg/qcm mit

$$0,001 \times 5,17 \times 10,000 = 51,7 \text{ kgm}$$

oder

$$\frac{51,7}{426} = 0,12 \text{ W.E.}$$

Dieser Wert ist so gering, daß die Korrektur des oben gefundenen Betrages pro 87,5 W.E. gänzlich vernachlässigt werden kann.

Nachdem die pro kg Dampf aufgenommene Wärme

$$= qL + h - h_0 = 0,96 \times 500 + 153,1 - 15 = 618,1 \text{ W.E.},$$

so ergibt sich der thermische Wirkungsgrad mit 0,14**).

116. Feuchtigkeit des Dampfes während der Expansion. Die Ermittlung des Wassergehaltes im Cylinder in einem beliebigen Stadium der Expansionsperiode wurde in § 83, Abschnitt V erörtert und zugleich die Methode der graphischen Darstellung der Berechnungsergebnisse im Indikatorgramm durch die sogenannte „Sättigungskurve“, d. i. jener Kurve, welche das Volumen des Dampfes im Cylinder bei beliebiger Spannung unter der Voraussetzung vollkommener Trockenheit desselben darstellt, besprochen.

Um diese Kurve für jede der beiden Cylinderseiten zeichnen zu können, müßte man, um genau zu verfahren, wissen, inwieweit die einzelne Cylinder-

*) Der Verlust durch Ausstrahlung kann näherungsweise auf die Art geschätzt werden, daß man die Mäntel und Steuergehäuse mit Dampf füllt und die Maschine stehen läßt; nach einer bestimmten Zeit mißt man die während derselben kondensierte Dampfmenge.

**) Weitere sehr instructive Erläuterungen ausgeführter Untersuchungen von Dampfmaschinen enthalten die Berichte M. Longridges als Ingenieur der *Engine, Boiler and Employers Liability Association* vom Jahre 1880.