

voire nur ziemlich weit ab von der Mauer des Dampfmaschinenraumes montiert werden konnten. Es mußte somit, aus den besagten Gründen, von diesem Projekt Abstand genommen werden, und konnte der neue Kessel nur zwischen die beiden vorhandenen Tenbrinkkessel, und zwar mit einer Seite an den links stehenden Kessel angemauert werden. Die rechte und Rückseite mußte zur Reinigung und Bedienung der Überhitzerregulierklappe zugänglich bleiben. Um Raum für die Bedienung zu gewinnen, mußte die Mauer hinter dem neuen Kessel etwas geschwächt werden. In dem gegebenen Falle war es erforderlich, ein Kesselsystem, welches nur geringen Raum und reichliche Ausnutzung der Heizgase erfordert, zu wählen. Ich habe mich daher den örtlichen Verhältnissen möglichst angepaßt und einen Wasserrohrkessel von etwa 170 qm Heizfläche für 11 Atm. Betriebsüberdruck mit Kettenrost und einer Überhitzerheizfläche von etwa 60 qm für eine Überhitzung des Dampfes von etwa 280°C, eine komplette Speisepumpe und einen Injektor gewählt. Ein Kessel mit größerer Heizfläche konnte nicht untergebracht werden. Die Kosten für diesen betriebsfertigen Kessel nebst sämtlichen Rohrleitungen im Kesselhaus betragen etwa 22 000 *M.*, während das erste erwähnte Projekt nahezu das Doppelte gekostet hätte. Die Beanspruchung des neuen Kessels betrug im Mittel bei etwa 2600 kg Dampf nicht weit über 15 kg pro Quadratmeter und nur ganz vorübergehend im Maximum 17,6 kg pro Quadratmeter, so daß feuchte Dämpfe nicht zu befürchten waren; die alten beiden Kessel stehen in Reserve für den großen und werden im Maximum mit etwa 11 kg Dampf pro Quadratmeter beansprucht. Die Verluste durch die lange Rohrleitung konnten nur durch gute Isolierung vermindert werden, und wurde die Reduktion der Verluste auf die Hälfte erzielt, so daß pro Meter nur noch ein Temperaturverlust von nicht ganz $\frac{3}{4}^{\circ}$ eintrat. Auf diesem Wege ist unter Berücksichtigung der lokalen Verhältnisse immerhin noch eine einigermaßen ökonomische Anlage erzielt und sind die Betriebsunkosten durch die Verluste in den Rohrleitungen tunlichst reduziert worden. Bei sehr geringer Belastung — Nachtbetrieb — kann man mit dem Betriebe eines alten Dampfkessels auskommen.

Prüfung eines liegenden Einflammrohrkessels mit Planrostinnenfeuerung und seitlichem Wellrohr (Blechwalzwerk Schulz-Knautd, A.-G., Essen a. d. Ruhr¹⁾).

I. Daten des Kessels.

Betriebsdruck 12 Atm.,
Heizfläche 60 qm,
Rostfläche 1,44 qm,

¹⁾ Die Prüfungsergebnisse sind dem „Offiziellen Berichte der Prüfungskommission der Elektrotechnischen Ausstellung in Frankfurt a. M. 1891“ entnommen, welcher der Verfasser als Assistent zugehörte.

- Verdampfungsoberfläche 12,77 qm,
- Inhalt des Wasserraumes 15,2 cbm,
- Inhalt des Dampfraumes 4,4 cbm,
- Durchmesser des Wellblechflamrohr im Lichten 1250 bzw. 1350 mm,
- Durchmesser des Kesselmantels im Lichten 2200 mm,
- Länge des Kesselmantels 7600 mm,
- Dicke des Kesselmantels und der Böden bzw. des Wellblechflamrohrs 25 bzw. 15 mm.

Die Längsnähte des Kesselmantels waren mit dreireihiger Doppelaschennietung, die Rundnähte mit doppelreihiger Überlappungsnietung versehen. Die Einmündung der Speiseleitung erfolgte etwa 20 cm unter dem Wasserspiegel nahe am hinteren Kesselboden seitlich vom Flammrohrscheitel durch den Dampfraum, die Dampfentnahme an dem auf der hinteren Hälfte des Kessels befestigten Dome.

Die Fläche des Planrostes war etwas nach hinten geneigt und betrug deren Abstand vom Flammrohrscheitel etwa 80 cm.

Die Stärke des Mauerwerkes war:

- für die Längsseite 64 cm,
- für die Rückseite 50 „

Der obere Teil des Kessels war durch Übermauerung und schlechte Wärmeleiter gegen Abkühlung geschützt.

An einer Längsseite des Kessels befand sich ein zweiter im Betrieb stehender Kessel, während die andere Seite frei stand.

II. Messungen und Ausrechnungen.

Kohlenmenge. Während einer Versuchsdauer von 9,858 Stunden wurde an Brennmaterial (gewaschene Nußkohle) 1705 kg verheizt; auf 1 qm Rostfläche und eine Stunde berechnet betrug der Brennmaterialverbrauch 120 kg.

Zusammensetzung der Kohle. Dieselbe betrug laut chemischer Untersuchung:

Kohlenstoff	80,08	Gew.-Proz.
Wasserstoff	4,44	„
Sauerstoff	4,61	„
Schwefel	1,30	„
Wasser	2,66	„
Asche	6,91	„

Heizwert der Kohle. Der Heizwert für 1 kg Kohle berechnet sich nach Formel 1 (S. 6) wie folgt:

$$\frac{1}{100} \left\{ 8100 \cdot 80,08 + 29000 \left(4,44 - \frac{4,61}{8} \right) + 2500 \cdot 1,30 - 600 \cdot 2,66 \right\} = 7624 \text{ Kal.}$$

Erforderliche Luftmenge. Die theoretisch erforderliche Luftmenge pro Kilogramm Kohle ergibt sich nach Formel 3 (S. 7) zu:

$$\left(\frac{8}{3} \cdot 0,8008 + 8 \cdot 0,0444 + 0,013 - 0,0461\right) \frac{100}{30} = 8,2 \text{ cbm.}$$

Die tatsächlich verbrauchte Luftmenge wurde aus dem Kohlen säuregehalt der Abgase unmittelbar hinter der Feuerbrücke bzw. am Ende des Kessels ermittelt.

Die beiden Messungen gaben einen Kohlen säuregehalt k von 15,12 bzw. 11,92 Vol.-Proz. Nach Formel 4b (S. 10)

$$v = \frac{18,9}{k}$$

folgt aus obigen Zahlen ein Vielfaches (v) der verbrauchten Luftmenge gegenüber der theoretischen von:

1,25 hinter der Feuerbrücke,
1,588 am Ende des Kessels.

Die verbrauchten Luftmengen sind danach:

1,25 · 8,2 = 10,25 cbm hinter der Feuerbrücke,
1,588 · 8,2 = 13 cbm am Ende des Kessels.

Aus diesen beiden Ziffern geht hervor, daß in den Feuerzügen durch die Fugen des Mauerwerks noch 27 Proz. Luft nachgesaugt wurden. Die Zugstärke in Millimeter Wassersäule betrug im Fuchs 8,48.

Temperaturen. Die Temperatur der eintretenden Luft wurde zu 27,4° C, die Temperatur der Abgase am Kesselende zu 314,7° C gemessen, die letztere mittels eines Quecksilberpyrometers mit Stickstofffüllung.

Herdrückstände. Die Herdrückstände, die sich während des Versuches im Aschenfall ansammelten, hatten ein Gewicht von 273,6 kg, in Prozenten der verheizten Kohle 8,035.

Der Gehalt an Kohlenstoff betrug nach der chemischen Analyse 41,41 Proz.

Speisewasser. Das Speisewasser wurde durch Beobachtung des auf einer Wage stehenden Entnahmebehälters bestimmt. Es wurden im ganzen 14694 kg verbraucht. Die Verdampfung pro Quadratmeter Heizfläche und Stunde war somit:

$$\frac{14694}{60 \cdot 9,858} = 23,85.$$

Die Temperatur des Speisewassers betrug im Mittel 17,75° C.

Die Dampfspannung in Atmosphären Überdruck, mittels des hierzu besonders geeichten Betriebsmanometers gemessen, war im Mittel 8,465 kg/qcm, absolut 9,465 kg/qcm. 1 kg Kohle verdampfte an Wasser:

$$\frac{14694}{1705} = 8,62 \text{ kg.}$$

Auf Grund der vorstehenden Daten kann der Wirkungsgrad des Kessels und die Wärmeverteilung berechnet werden.

Die dem Wasser zugeführte Wärme ermittelt sich nach der Regnaultschen Gleichung (8) (s. S. 12) wie folgt:

Der Dampfspannung 9,465 kg/qcm entspricht für gesättigten Dampf eine Dampftemperatur von $t = 176,52^{\circ}\text{C}$. Daher ist die Gesamtwärme λ_1 des Dampfes pro Kilogramm:

$$606,5 + 0,305 \cdot 176,52 - 17,75 = 642,59 \text{ Kal.}$$

Bei einer Dampferzeugung von 8,62 kg pro Kilogramm Kohle beträgt die aufzuwendende Wärmemenge:

$$8,62 \cdot 642,59 = 5539 \text{ Kal.}$$

In den Herdrückständen gehen pro Kilogramm Brennmaterial verloren (s. S. 10 und 11):

$$80,35 \cdot 0,4141 \cdot 8,1 = 269,5 \text{ Kal.}$$

Hieraus ergibt sich folgende Wärmeverteilung:

Gesamtwärme von 1 kg Kohle	7624	Kal.
Zur Dampfbildung nutzbar gemacht	5539	"
In den Herdrückständen verloren	269,5	"
Sonstige Verluste (durch freie Wärme im Kamin, Strahlung, unverbrannte Gase usw.)		
7624 - (5539 + 269,5)	1815,5	"

Der Nutzeffekt des Kessels ist somit:

$$\frac{5539}{7624} = 0,727.$$

Sämtliche vorstehenden Versuchsdaten und somit auch die berechneten Werte sind Mittelwerte aus zwei unter möglichst gleichen Umständen durchgeführten Dauerversuchen.

(Weitere Beispiele s. Kapitel T.)

B. Dampfmaschinen.

I. Allgemeine Versuchsbedingungen.

In dem Kapitel „Dampfmaschinen“ handelt es sich um 1. Feststellung der von der Dampfmaschine abgegebenen mechanischen Nutzarbeit; 2. der indizierten Arbeit; 3. des mechanischen Wirkungsgrades, d. h. des Verhältnisses der durch die Bremsung zu ermittelnden Nutzarbeit zu der durch den Indikator zu bestimmenden indizierten Arbeit; 4. des Dampfverbrauches in bezug auf die indizierte und mechanische Pferdestärke und Stunde; 5. des Wärmewertes des für eine Pferdestärke und Stunde benötigten Dampfes und 6. der Tourenschwankungen bei normaler und bei variabler Belastung.