

der Messer nur gelegt werden, wenn der Pumpe das Wasser mit mindestens 2 m Druck zuläuft. Die Apparate können, falls die Anzeigewerte von einer entfernten Stelle kontrolliert werden sollen, sehr leicht mit elektrischer Fernregistrierung versehen werden.

## 2 b. Dampfeuchtigkeit.

Die Dampfeuchtigkeit, d. h. das Verhältnis der vom Dampfe aus dem Kessel mitgerissenen Wassermenge zur Dampfmenge, kann man auf folgende Weise bestimmen: In den Kessel wird eine 1,5proz. Kochsalzlösung eingespeist. Nach eintägigem Betriebe werden zwei Wasserproben gleichzeitig entnommen, die eine aus dem Kessel in der Nähe der Wasseroberfläche, die andere aus dem ersten Wasserabscheider der Dampfleitung; derselbe darf indes nicht auch vom Dampfe eines zweiten Kessels durchströmt werden. Diese Proben untersucht man auf ihren Salz- bzw. Chlorgehalt. Aus dem Salzgehalt im Dampfabscheider und demjenigen im Kessel berechnet man die Dampfeuchtigkeit. Bei Entnahme des heißen Wassers aus dem Kessel bzw. dem Abscheider dürfen keine Verluste durch Verdampfung, die den Salzgehalt der Proben erhöhen würden, entstehen; dazu wendet man Kühlschlangen an, durch die das heiße Wasser fließt, bevor es in das Aufnahmegefäß gelangt. Die Ermittlung des Salz- bzw. Chlorgehaltes erfolgt durch Titrierung mit ein und derselben Lösung von Silbernitrat, wobei man Kaliummonochromat als Indikator benutzt. — Auf gleiche Weise ermittelt man den natürlichen Salzgehalt des Speisewassers. — Obiges Verfahren, mit Sorgfalt durchgeführt, wird in den meisten Fällen genügend genaue Resultate liefern.

## 2 c. Dampfspannung.

Die Betriebsspannung des Kessels ist durch ein Manometer, welches mit einem amtlich geprüften zu vergleichen ist, festzustellen und die Angabe des Apparates entsprechend zu korrigieren. Die Dampfspannung muß alle zehn Minuten notiert werden und besonders am Anfang und Ende des Versuches denselben Wert haben.

## 3. Nutzeffekt eines Dampfkessels.

Der Nutzeffekt ergibt sich als Verhältnis:

$$(9) \frac{\text{der an den Kesselinhalt zur Dampfbildung abgegebenen Wärmemenge}}{\text{der in der verheizten Kohle enthaltenen Wärmemenge}}$$

Hieraus geht hervor, daß der Nutzeffekt der Kesselanlage sich um so höher stellt, je vollkommener die im Brennmaterial enthaltene Wärmemenge vom Kessel zur Dampfbildung verwendet wird. Die erstere Größe (im Zähler des Bruches) ist die auf S. 12 definierte Gesamtwärme, die nach der Regnaultschen Formel (8) mit Hilfe der Fliegnerischen Tabelle ermittelt wird.

Handelt es sich um überhitzten Dampf, so ist die gesamte nutzbar gemachte Wärme größer als die Gesamtwärme des gesättigten Dampfes. Die zusätzliche Wärmemenge der Überhitzung wird aus der Zahl der Überhitzungsgrade ermittelt; dieselbe läßt sich aus der gemessenen Dampfspannung und der gemessenen Temperatur des überhitzten Dampfes nach der Fliegnerschen Tabelle bestimmen. Die pro Kilogramm Dampf zugeführte Überhitzungswärme stellt sich als Produkt aus den Überhitzungsgraden und der spezifischen Wärme des überhitzten Dampfes dar. Die letztere Größe schwankt bei modernen Anlagen zwischen 0,57 bis 0,60 (s. hierzu sub B: Dampfmaschinen).

Die in der verheizten Kohle verfügbare Wärmemenge folgt aus Formel (1) der auf S. 6 behandelten Heizwertbestimmung. Der Gang der Rechnung behufs Bestimmung des Nutzeffektes wird am besten durch das folgende Zahlenbeispiel erläutert.

Die Versuchsergebnisse einer Dampfkesseluntersuchung seien:

Brennmaterialverbrauch während der Versuchsdauer von 9,85 Stunden . . . . .	1 664,00 kg
Herdrückstände (im Aschenabfall gesammelt) . .	139,50 „
Dieselben in Prozenten der verheizten Kohle	
$\frac{139,50}{1664} =$ . . . . .	8,38
Kohlenstoff im Brennmaterial laut Analyse . . .	47,91 Proz.
Verdampftes Speisewasser im ganzen . . . . .	14 230,00 kg
Temperatur des Speisewassers . . . . .	17,9° C
Dampfspannung in Atmosphären absolut etwa . .	9,13 kg/qcm

1 kg Kohle verdampfte an Wasser:

$$\frac{14230}{1664} = 8,552 \text{ kg.}$$

Der Heizwert der verwendeten Kohle ist nach Formel (1) 7494 Kal.; danach berechnet sich die Wärmeausnutzung wie folgt: Die Gesamtwärme des Dampfes ergibt sich nach der Regnaultschen Formel (8) S. 12. Die Temperatur ( $t$ ) des Dampfes von der Spannung 9,13 Atm. ist nach der Fliegnerschen Tabelle 175° C. Da ferner die Temperatur des Speisewassers ( $s$ ) 17,9° C beträgt, so ergibt sich der Wärmewert von 1 kg Dampf zu:

$$\lambda_1 = 606,5 + 0,305 \cdot 175 - 17,9 = 641,9 \text{ Kal.}$$

Somit kommen auf 8,552 kg Dampf:

$$8,552 \cdot 641,9 = 5490 \text{ Kal.}$$

In den Herdrückständen gehen, wenn man 8 Kal. auf 1 kg Kohle rechnet, pro Kilogramm Brennmaterial

$$83,8 \cdot 0,4791 \cdot 8 = 321 \text{ Kal.}$$

verloren.

Wärmeverlust durch die abziehenden Heizgase für 1 kg Brennstoff:

$$0,32 \cdot \frac{78,1}{0,536 \cdot 10,8} + 0,48 \cdot \frac{9 \cdot 4,80 + 2,20}{100} \cdot 195 \sim 885 \text{ WE.}$$

Da in 1 kg Kohle 7494 Kal. enthalten sind, so ergibt sich folgende Wärmeverteilung:

Gesamtwärme von 1 kg Kohle . . . . .	7494 Kal.	
Zur Dampfbildung nutzbar gemachte Wärme .	5490 "	73,3 Proz.
Verloren in den Herdrückständen . . . . .	321 "	4,3 "
Wärmeverlust durch die abziehenden Heizgase	885 "	11,7 "
Restverlust (Strahlung, unverbrannte Gase, Ruß usw.) . . . . .	798 "	10,7 "
		100 Proz.

Nutzeffekt des Kessels:

$$\frac{5490}{7494} = 0,733, \text{ d. h. } 73,3 \text{ Proz.}$$

Bei genauer Beobachtung der Momente unter 1 a bis g, 2 a bis c und 3 sind nur Fehler im Bereiche des Erlaubten möglich.

### Beispiel einer technisch falsch angelegten Dampfkessel- und Rohrleitungsanlage.

Um darzutun, wie manchmal Dampfkesselanlagen unrationell angelegt sind und überlastet werden, führe ich hier einen von mehreren mir in der Praxis vorgekommenen Fällen rechnerisch durch.

Die durchschnittlichen Belastungen der Maschinen in einem Hüttenwerk waren:

1. Transmission für Kraftleistung . . . . .	150 PS,
2. Dynamoleistung . . . . .	110 "
	in Summa = 260 PS.

Die maximale Belastung betrug:

1. Transmission für Kraftleistung . . . . .	180 PS,
2. Dynamoleistung . . . . .	180 "
	in Summa = 360 PS.

Der mechanische Wirkungsgrad der Dampfmaschinen war im Mittel 0,85 und der Dampfverbrauch im Mittel 6 kg Dampf pro indiz. Pferdestärke.

Der durchschnittliche Dampfverbrauch ist hiernach  $\frac{260}{0,85} \cdot 6 = 1840 \text{ kg}$ ,

während der maximale Dampfverbrauch auf  $\frac{360}{0,87} \cdot 6 = \sim 2500 \text{ kg}$

steigt. Hierzu kommen noch verschiedene Verluste, so daß in Summa im Mittel 2040 bzw. 2700 kg Dampf maximal erforderlich waren. Diese Dampfmenge war viele Jahre von einem alten Röhrenkessel, 135 qm Heizfläche von 8 Atm. Überdruck, geliefert worden, und da der maximale Betrieb sehr häufig und für längere Zeit erfolgte, so wurde der Kessel mit 20 kg pro Quadratmeter beansprucht. Die Kraftanlage des Hüttenwerkes wurde vergrößert und ebenfalls die Dampfmaschinenanlage, die Dampfkesselanlage jedoch blieb in dem alten Umfange bestehen. Die Leistung stieg auf 450 PS<sub>e</sub>, somit bei 87 Proz. Nutzeffekt auf 520 PS<sub>i</sub>. Der Dampfverbrauch betrug bei dieser Leistung pro indizierte