

sind. Man achte auch darauf, ob nicht die aufsteigende Nisse vom Grundwasser das Mauerwerk feucht macht, ob also das Fundament wohl genügend trocken ist.

Der Verlust V_{stl} ist rechnerisch nicht leicht zu ermitteln. Wenn auch schon bei Kesseln ohne Außenzüge die Strahlungsverluste unmittelbar bestimmt worden sind, so hält sie Verfasser nicht für ganz einwandfrei und unbedenklich. Auch hier werden sie den Hauptanteil des Restverlustes betragen, wie man überhaupt alle jene Wärmeverluste, die nicht gut rechnerisch ermittelbar sind, also die unter a), d), f), g), i) und j) angeführten Wärmeverluste zum Restverlust schlägt. Der Restverlust ist also von den Fehlern, die bei der Berechnung der übrigen Verluste und der Nutzwärmemenge gemacht werden, abhängig.

Der Restverlust soll bei gut ausgeführten Einzelkessel bis 8 $\frac{1}{2}$ %, bei Batteriekessel je bis 5%, höchstens aber bis 10% der aufgewendeten Wärmemenge betragen. Ist er größer, dann liegt die Ursache wohl nur im schlechten Mauerwerk, sowohl der Feuerung, als auch der Kessel-einmauerung selbst, in Rissen und klaffenden Fugen, schlechter Isolierung herausragender Kesselteile; die Ursache kann aber auch zu starke Flugkoksansammlung in den Zügen sein, wodurch die Verbrennung mangelhaft und unvollkommen vor sich geht.

Ein hoher Restverlust muß immer zu Bedenken Anlaß geben und eine eingehende Untersuchung der ganzen Kesselanlage, besonders aber der Feuerung, veranlassen.

j) Der Abkühlungsverlust V_{ast} durch Betriebsstillstand hängt natürlich davon ab, wie lange die Kesselanlage außer Betrieb steht. Er ist rechnerisch nicht feststellbar.

Der gesamte Wärmeverlust einer Kesselanlage bestimmt sich also zu:

$$V = V_{ah} + V_u + V_h + V_a + V_{ug} + V_r + V_{stf} + V_{sch} + V_{stl} + V_{ast}$$

Man berechnet diesen Verlust V für 1 kg verheizten Brennstoff. Die Gegenüberstellung in WE oder % von V zur nutzbar gemachten Wärme (zur Dampfbildung, Dampfüberhitzung, Wasservorwärmung usw.) nennt man die *Wärmebilanz*. Sie gibt also für 1 kg Brennstoff die Wärmeverteilung an.

Die Summe aus den WE, bzw. % der nutzbar gemachten Wärmemenge und der verlorenen gibt den Heizwert des Brennstoffes in WE, bzw. Prozenten.

Man sieht also, daß von den $W_a \cdot B$ WE (W_a = Heizwert oder absoluter Wärmeeffekt für 1 kg des Brennstoffes in WE, B = die stündlich unter dem Kessel verfeuerte Brennstoffmenge in kg, die der Brennstoff bei vollkommener Verbrennung entwickeln kann), nur $(\lambda - t_s) \cdot D$

WE (λ = Wärmewert oder Gesamtwärme von 1 kg gesättigten Dampfes, t_s = Temperatur des in den Kessel, bzw. Vorwärmer gepumpten Speisewassers, D = stündlich vom Kessel erzeugte Dampfmenge in kg) zur Bildung von gesättigtem Dampf nutzbar gemacht werden.

Die Wärmeverluste sind demnach bei vollkommener Verbrennung durch die Differenz $V_{vv} = W_a \cdot B - (\lambda - t_s) \cdot D$ gegeben. . . (14)

3. Abgasüberwachung behufs Verminderung der direkten Wärmeverluste.

Die Wärmeverluste durch die Abgase (Schornsteinverlust) hängen u. a. auch innig zusammen mit der angewandten Zugstärke; diese wieder hängt ab vom Mittel, mit welchem sie erzeugt und von der Sorgfalt, mit der sie beobachtet wird.

Bekanntlich besteht die Feuerungsanlage einer Dampfkesselanlage aus dem Verbrennungsraum, den Feuerzügen und dem Schornstein. Während der erste Teil, die Feuerung, dazu dient, den Brennstoff zu verbrennen und die in ihm enthaltene Wärme zu entwickeln, dienen die Feuerzüge dazu, diese Wärme weiter zu leiten und durch die Kesselbleche an das Kesselwasser zu übertragen. Jeder Brennstoff braucht zu seiner Verbrennung Luft. Diese ihm zuzuführen und die Feuergase mit einer entsprechenden Geschwindigkeit durch die Feuerzüge zu leiten und ins Freie zu stoßen, ist Aufgabe des Schornsteines.

Herrscht im Rauchkanal in der Ebene des Rostes ein Druck p_r , in der freien Luft in derselben Ebene ein Druck p_l , so ist $p_r < p_l$, bezogen auf die Flächeneinheit. Der Ueberdruck $p_l - p_r$ erzeugt die Zugwirkung. Diese ist abhängig von der Zugkraft, d. i. die in der Zeiteinheit angesaugte Luftmenge, die gleich ist dem Produkt aus dem lichten Querschnitt des Schornsteines und der Geschwindigkeit der Rauchgase in diesem Querschnitte. Die Geschwindigkeit hängt ab von der sogenannten Stärke des Zuges, dem Ueberdruck $p_l - p_r$ zu beiden Seiten des Rostes und von dem Widerstand, den die Luft bei ihrem Eintritt in die Feuerung und die Gase in den Feuerzügen und im Schornstein finden, und von den Witterungsverhältnissen.

An dieser Stelle sei ganz besonders erwähnt, daß Zugkraft und Zugstärke des Schornsteines nicht ein und dasselbe ist. Wohl aber können beide durch den Rauchschieber beeinflußt werden.

Die Zugstärke $p_l - p_r$ ist eine Funktion der Differenz der spezifischen Gewichte oder der Temperatur außerhalb und innerhalb des Schornsteines und dessen Höhe. Diese Temperaturdifferenz soll nur so groß sein, wie sie zur

Zugerzeugung unbedingt notwendig ist. Die kleinste Temperatur, mit der die Gase den Feuerzug verlassen können, ist gleich der Temperatur des Kesselspeisewassers. Wollte man aber die Rauchgase so weit abkühlen, dann müßten die Heizflächen sehr groß und daher sehr teuer sein. Theoretisch ist die Zugwirkung der Esse am größten, wenn in ihr die Rauchgase eine Temperatur von 273° C haben.

Die Temperaturdifferenz ist natürlich auch vom Wärmeleitvermögen der Schornsteinwandungen abhängig.

Die Zugwirkung eines Schornsteines läßt sich rechnerisch auch annähernd nicht ermitteln, weil die Koeffizienten, die zur Berechnung der Widerstände, welche sich der Aufwärtsbewegung der Gassäule im Schornstein und dem Nachströmen der durch den Rost geführten Verbrennungsluft entgegenstellen, erforderlich sind, ganz unbestimmbar sind.

Die Wärmestärke, die in den Rauchgasen steckt, hängt vor allem von ihrer Temperatur ab und diese wiederum vom Luftüberschuß, mit dem verfeuert wird, und von der Möglichkeit des Eindringens kalter Luft durch Risse und Fugen im Mauerwerk des Kessels. Es ist daher mit möglichst geringem Luftüberschuß zu feuern, das heißt, die Zugstärke ist zu regulieren. Die Bestimmung der richtigen Zugstärke überlasse man niemals dem Heizer, sondern man ordne für den gesamten Betrieb die Zugstärke an, nach der der Heizer den Rauchschieber einzustellen hat. Welche Zugstärke vorzuschreiben ist, hängt von der jeweiligen Belastung der Maschinen ab. In sehr großen Kesselbetrieben verwende man zur Verständigung des Kesselhauspersonales elektrische Fernzeiger, die die Belastung der Maschinen vom Maschinenhaus aus anzeigen.

Da schlechtes Kesselmauerwerk auf die Zugstärke einen ungünstigen Einfluß ausübt, halte man Fugen und Risse am Mauerwerk durch Verschmieren eines Teiges, der aus Sägespänen oder Kieselgur und Wasserglas ange-macht ist, stets dicht, nachdem man die Risse vorher ausgekratzt hat. Auch die Einmauerungsstelle des Feuergeschränkens ist auf diese Weise oder mit Lehm oder mit Schamottemörtel stets zu dichten. An Stelle des Mörtels kann man auch Asbestschnüre oder Asbestplatten einlegen. Vom Dichthalten der Einmauerungsstelle und des Mauerwerkes überzeuge man sich öfters durch Hinhalten einer brennenden Kerze.

Eine Feuerung arbeitet noch wirtschaftlich, das heißt mit annehmbaren Verlusten, wenn ihre Zugstärke, im Verbrennungsraum gemessen, bei Steinkohle 5—10 mm Wassersäule beträgt (auch etwas mehr), bei Braunkohle, Torf, Holzspäne, 2—5 mm Wassersäule. Zur Erreichung

einer bestimmten Kesselleistung hängt die Zugstärke ab von der stündlichen Menge des Brennstoffes, dem Luftbedarf desselben, vom Rostwiderstand und von den Strömungswiderständen in den Zügen.

Die Zugerzeugung, also die Erzeugung der Druckdifferenz zu beiden Seiten des Rostes, wird beim Schornstein durch den natürlichen Zug desselben hervorgerufen; es kommt also nur Abwärme zur Anwendung. Sie kann aber auch künstlich oder mechanisch durch Einsaugen oder Eindrücken von Luft in den Verbrennungsraum zustande gebracht werden.

Der mechanische Zug ist besonders bei gries- oder staubförmigem, minderwertigem Brennstoff, dann bei Anlagen mit sehr schwankendem Dampfverbrauch, sowie in Fällen, wo für die Aufstellung eines Schornsteines nicht genügend Platz ist oder wo eine Verbesserung des ungenügenden natürlichen Schornsteinzuges erfolgen soll, empfehlenswert, also bei Vermehrung der Kesselanzahl oder bei Aufstellen von Abgasvorwärmern.

Der künstliche Zug läßt sich als Druckzug und als Saugzug erzeugen, ersterer in Form eines sogenannten Unterwindes, wenn für das Durchpressen der für die Verbrennung des Brennmaterials erforderlichen Luftmenge hohe Zugstärken notwendig sind, was bei minderwertigem Brennstoff fast immer der Fall ist (Unterwindpressungen bis 100 mm WS). Für guten Brennstoff ist der Unterdruck (unter dem Rost) nur so hoch zu wählen, daß ober dem Rost kein Ueberdruck mehr vorhanden ist, der Unterdruck also gerade hinreicht, die Brennstoffschicht zu durchstreichen und über dem Rost schon die Wirkung des natürlichen Schornsteinzuges zur Geltung kommt; das hat auch den für die gute Ausnützung des Brennstoffes in Betracht kommenden Vorteil, daß zufolge des geringen Luftüberschusses die Feuertemperatur sehr hoch und mithin der Schornsteinverlust klein wird. Doch achte man immer und immer auf vorhandene Risse im Kesselmauerwerk und auch im Schornstein.

Den Unterwind mittels Dampfstrahlgebläse zu erzeugen, vermeide man, da hiebei der Dampfverbrauch bis zu 10% der erzeugten Dampfmenge ausmachen kann. Man wähle daher lieber Unterwindventilatoren mit Transmissions- oder noch besser direkten elektrischen Antrieb, deren Energiebedarf einem Dampfverbrauch von weniger als 1% der Kesselleistung entspricht. Bei mehreren Kesseln ordne man einen gemeinsamen Unterwindkanal für alle Kessel oder für mehrere Gruppen an. Diese gemeinsame Unterwindanlage hat allerdings den Nachteil, daß eine Drosselungsregelung unvermeidlich ist, was wiederum eine unwirtschaftliche Vergeudung

von Unterwind und Druck ist. Von diesem Uebelstande unabhängig ist man durch Einbau von Axialgebläse. Bei Anwendung des Unterwindes muß jedoch der Rost eine kleine freie Fläche, keine Luftspalten, sondern Luftdüsen haben.

Beim Saugzug werden die Gase direkt durch Absaugen mittels Ventilatoren oder indirekt durch Dampf- oder Windstrahlektoren in den Schornstein getrieben. Dieser künstliche Saugzug bedingt jedoch zufolge der hohen Zugstärken tadelloses Kesselmauerwerk (Blechummantelung) und dichte Verschlüsse aller Einsteißöffnungen. Da bei dieser Art des künstlichen Zuges bei nicht sachgemäßer Wartung der ganzen Kesselanlage sehr viel falsche Luft angesaugt wird, kann Verfasser die Anwendung desselben nur dann empfehlen, wenn Sicherheit vorhanden ist, daß der Heizer äußerst gewissenhaft und verständnisvoll ist; bei hohem Rostwiderstand aber muß die Anwendung des Saugzuges als technisch falsch bezeichnet werden.

Trotzdem findet man den Saugzug öfter in Anwendung als den Druckzug, weil Saugluft der Schornsteinwirkung mehr entspricht. Druckluft hat den Nachteil, daß bei Undichtheiten der Feuerzüge Rauch und Staub in das Kesselhaus treten, was allerdings beim Saugzug nicht der Fall ist.

Zur Erzeugung der Saugluft verwende man Ventilatoren, die möglichst hinter oder über dem Kessel aufgestellt sind. (Bei Druckluft befindet sich das Gebläse vor oder seitlich des Kessels.)

Der künstliche Zug erfordert aber nicht nur einen Wärme-, d. i. Arbeitsaufwand, sondern auch einen wenn auch geringen Aufwand für Wartung und Instandhaltung.

Da von einer richtigen Zugstärke die Arbeits- und Wirkungsweise der ganzen Kesselanlage wesentlich abhängig ist, ist der Zugstärke unbedingt alle Beachtung zu schenken und dieselbe auch dauernd zu kontrollieren. Kein Heizer ist imstande, gefühlsmäßig den Zug richtig einzustellen. Auch darf nicht übersehen werden, daß es außer gewissenhaften Heizern auch oberflächliche gibt, denen die Wartung der Kesselanlage noch dadurch erleichtert wird, daß sie keine Ueberwachung durch Betriebskontrollen zu befürchten haben und deren Gewissen durch nichts beschwert wird, daß durch ihre Tätigkeit bedeutende und dauernde, jedoch vermeidbare Verluste entstehen. In ihrer Hand liegt es, die Zugstärke in den Kesselzügen falsch, unwirtschaftlich oder wirtschaftlich und dadurch verschwenderisch oder richtig zu gestalten.

Man soll dem Heizer gar keine Möglichkeit zu gewissenloser oder zu unrichtiger Arbeit

geben. Vielmehr ist der Heizer zwangsläufig zu einem gewissenhaften und verständnisvollen Arbeiter heranzuziehen. Das Mittel hiezu geben die Meßinstrumente, deren es für den Kesselbetrieb eine große Anzahl gibt. Auch die Zugstärke muß dauernd gemessen werden.

Selbst langjährige Erfahrung und Beobachtungen können einen Zugmesser nicht ersetzen, um ohne einen solchen den jeweilig herrschenden Zug genau feststellen zu können, denn dieser ist nicht nur von der zugeführten Luftmenge abhängig, sondern auch von einer Reihe von Nebenumständen, wie Windströmungen gegen den Schornsteinkopf, Sonnenbestrahlung, Luftdruck und Witterung u. dgl., deren Folgen nicht ohneweiters erkennbar sind. Es sind also eine Reihe von Momenten zu berücksichtigen, die einflußgebend auf eine vollkommene und wirtschaftliche Verbrennung des aufgewendeten Brennstoffes sind und hiezu die erforderliche Zugstärke stets richtig abzuschätzen, ist kein Heizer befähigt; auch der »erfahrenste« nicht. Wohl aber besorgt dies das Instrument, der Zugmesser.

Ein Heizer, der einmal einen Zugmesser gewohnt ist, der erkannt hat, daß er ihm nur ein wertvoller Helfer und Freund ist, wird dann sogar nicht mehr ohne einen solchen arbeiten wollen, da er durch ihn instand gesetzt ist, stets mit größter Genauigkeit und ohne Mühe den Zug beobachten, regeln und richtig einstellen zu können. Und darauf kommt es ja an.

Häufig wird angenommen, daß Zugmesser nur für große Betriebe nötig seien; das ist aber ganz falsch. Das Instrument ist im kleinen Betriebe ebenso am Platze wie im großen, denn in beiden machen sich die Vorteile eines Zugmessers, nämlich 1. durch die Möglichkeit, die richtige Luftmenge der Feuerung zuzuführen, wodurch eine Ausnützung des Brennstoffes gewährleistet erscheint, 2. daß durch die selbsttätige Aufschreibung der Zugstärke im Apparat die Höhe der Zugstärke auch nachträglich jederzeit ermittelt werden kann; vorhandene Schwankungen in der Zugstärke auch später noch nachweisbar und feststellbar ist, ob Vorsorge getroffen wurde, sie zu beseitigen, 3. daß sich aus den Diagrammen erkennen läßt, wann der Kessel beschickt und wann abgeschlackt wurde, vorteilhaft bemerkbar.

An jedem Kesselbetrieb soll unentwegt studiert werden, ob und wann er noch zu verbessern ist und wie der größtmögliche Nutzeffekt aus der Anlage herausgeholt werden kann. Im Kesselbetrieb ist ein Hauptaugenmerk der höchsten Ausnützung des Brennstoffes und damit der größtmöglichen Herabminderung des Brennstoffbedarfes zu widmen. Es muß ge-

trachtet werden, den Brennvorgang dem theoretischen, dem Idealzustand möglichst zu nähern; soweit dies der jetzige Stand der Feuerungstechnik zuläßt. Gewiß wird dieser Zustand vielleicht durch kostspielige Um- und Neubauten der Anlage erzielt werden können; vielfach aber wird dies nicht unumgänglich notwendig sein, wenn man sich zur Anschaffung geeigneter Meß- und Kontrollinstrumente entschließt. Es wird also sorgfältig überdacht werden müssen, auf welche Weise man am einfachsten, billigsten und raschesten zu den größtmöglichen Betriebsersparnissen und dadurch zu einer weitgehenden Verbilligung der Erzeugnisse gelangen kann.

Die Anwendung eines Rauchgasprüfers im Verein mit einem Zugmesser (und Abgas-thermometer!) kann nur die größten Betriebsersparnisse bringen. Es kann nicht oft genug betont werden, daß eine dauernde und sorgfältige Ueberwachung des Verbrennungsvorganges, eine genaue und studienhafte Beobachtung desselben durch einen wissenschaftlich gebildeten Techniker unbedingt erforderlich ist, sollen nicht bedeutende Verluste durch unrichtige Bedienung der Feuerung auftreten. Also Kontroll- und Meßinstrumente anwenden!

Soll der Kessel mittels eines Zugmessers einen richtigen Zug erhalten, dann darf der Heizer auch niemals im Unklaren belassen werden, wie hoch die Zugstärke zu sein hat. Es muß festgelegt werden, welcher Unterdruck in Millimeter WS, gemessen für den wirtschaftlichsten Kesselbetrieb, für das verwendete Brennmaterial unter Berücksichtigung aller vorhin erwähnten Nebenumstände erforderlich ist. Hiernach sind der Rauchschieber und die Aschenklappen einzustellen, der Rost entsprechend zu beschicken.

Hat man festgestellt, daß für den wirtschaftlichsten Betrieb z. B. 20 mm WS nötig ist, so können, wenn hernach der Zugmesser mehr als 20 mm WS anzeigt, folgende Ursachen vorliegen: Verschlackung des Rostes, zu große Schütthöhe auf dem Rost, Verhinderung des Eintrittes einer genügend großen Luftmenge unter dem Rost durch zu enges Schließen der Aschenfalltüren, zu hohes Aufgezogensein des Rauchschiebers. Ist der eine oder der andere dieser Fehler als Ursache erkannt, dann ist abzuschlacken, die Kohlenschicht besser zu verteilen und am Rost niedriger zu halten, die Aschenklappen entsprechend zu öffnen oder der Rauchschieber mehr zu schließen.

Zeigt hingegen der Zugmesser weniger als 20 mm WS an, dann können folgende Gründe hiezu Anlaß geben: Zu wenig Brennstoff auf dem Rost, Luftzufuhr unter dem Rost ist zu groß oder der Rauchschieber ist zu viel geschlossen. Man wird nun entweder den Rost zu beschicken, die Aschenklappen etwas zu

schließen oder den Rauchschieber entsprechend zu öffnen haben, je nachdem, was die Ursache der verminderten Zugstärke ist.

Der Zug kann also, es sei dies wiederholt, zu gering oder zu groß sein. Bei zu schwachem Zug verbrennt der Brennstoff nicht vollkommen zu Kohlensäure, sondern ein Teil nur zu Kohlenoxyd, das in den Schornstein entweicht. Da auch dieses einen bestimmten Heizwert hat (bei Verbrennung von Kohlenoxyd zu Kohlensäure werden etwa 2400 WE frei), so geht dieser natürlich für den Betrieb verloren. Zu groß ist der Zug, wenn der Feuerung zu viel Luft zugeführt wird. Die überschüssige Luft kühlt die Brenngase ab, wodurch sie natürlich eine geringere Heizwirkung ausüben als Heizgase, die die höchstmögliche Temperatur besitzen.

Richtige Beobachtungen und Verständnis seitens des Heizers wird gewiß auch hier (zu großer oder zu kleiner Zug) das richtige herausgreifen und anwenden.

Je nach den Schwankungen in der Dampfentnahme des Kessels wird die Zugstärke der Feuerung zu regeln sein. In den meisten Fällen wird ein mehr oder weniger starkes Öffnen und Schließen des Rauchschiebers und der Aschenklappen von Hand aus genügen. Wird der Rost beschickt, dann muß der Schieber immer so weit gesenkt werden, daß weder Flamme noch Rauch zur Feuertür hinausschlägt, um zu vermeiden, daß zu viel Frischluft hineingezogen wird, denn dadurch würden die Heizflächen rasch abgekühlt werden und Wärme und Kohlenverluste und dadurch Herabminderung der Wirtschaftlichkeit der Kesselanlage gleich auftreten.

Sobald der Rost beschickt ist, muß der Schieber sogleich weit geöffnet werden, weil das Feuer während der Entgasung des Brennstoffes den größten Luftbedarf hat. Allmählich kann dann während der Verkokungsperiode der Schieber entsprechend der Anzeige des Zugmessers wieder etwas geschlossen werden.

Wie bei allen Kesselkontrollinstrumenten, so gibt es auch unter den Zugmessern eine große Reihe von Konstruktionen mit und ohne Registrierung. Sie arbeiten zumeist nach dem Prinzip der Flüssigkeitsdruckwage (Schwimmerprinzip in Wage), wodurch äußerste Empfindlichkeit jeder Zugveränderung gewährleistet wird. Als Sperrflüssigkeit dient gefärbtes Wasser, Petroleum oder Glycerin.

Die Anbringung des Zugmessers geschieht zweckmäßigerweise beim Heizerstand in Augenhöhe. Die Entfernung der Meßstelle vom Apparat darf keine Rolle spielen; notwendig ist nur, von der Meßstelle (z. B. Fuchs) aus ein Gasverbindungsrohr von etwa 10 mm l. W. bis zum Aufstellungsort des Apparates zu verlegen.

Ein guter Zugmesser muß für jedes Kesselsystem und für jeden Zugbereich anwendbar sein. Wenn auch die Zugmessung mit ein und demselben Apparat ausgeführt werden kann, indem man an jeden Kessel eine Rohrverbindung von der Meßstelle zum Ort der Aufstellung des Instrumentes legt, dann durch entsprechende Hahnstellung ihn mit jenem Kessel verbindet, dessen Zug man messen will, so ist doch dieses Verfahren nicht zu empfehlen, wenn es auch von der den Zugmesser liefernden Firma aus Geschäftsinteresse angegeben wird, weil die Hähne in den Anschlußleitungen nicht dauernd dicht halten und sich verstopfen können.

Auch bei richtig und sorgfältig eingestellter Zugstärke zeigt die Wärmebilanz, daß von allen Wärmeverlusten einer Dampfkesselanlage diejenigen durch die Abgase, die also durch die fühlbare Abwärme und häufig auch durch unverbrannte Gase entstehen (Schornsteinverlust), den größten Anteil an den Wärmeverlusten haben. Aber alle direkten Wärmeverluste und damit auch der Wirkungsgrad der Kesselanlage hängen mehr von der Bauart und Bedienung der Feuerung und von der Beschaffenheit und Größe der Heizfläche, als vom Kesselsystem ab. Demnach ist der Einfluß des Kesselsystems auf den Wirkungsgrad auch nur ein verhältnismäßig geringer.

Die Abgasverluste sind unter den vielen Wärmeverlusten beinahe die einzigen, die durch Geschicklichkeit, Verständnis und Pflichtbewusstsein des Heizers bedeutend herabgedrückt werden können. Er hat es aber auch in der Hand, sie absichtlich zu vergrößern. Deshalb ist es notwendig, diesen Verlusten ein großes Augenmerk zu widmen.

Je mehr Luftsauerstoff sich mit dem Brennstoff zu Kohlensäure und Wasserdampf bindet und je geringer die Abgastemperatur ist, umso kleiner wird der Verlust durch fühlbare Abwärme sein. Das Ideal wäre daher, wenn sich aller Luftsauerstoff mit dem Brennstoff zu Kohlensäure und Wasserdampf umsetzen würde und die Abgase nur eine solche Temperatur besäßen, die gerade hinreicht, den Auftrieb derselben im Schornstein zu bewirken. Dieses Ideal wird praktisch aber wohl kaum je erfüllt werden, überhaupt die erste Bedingung und zwar deshalb, weil es wohl nicht denkbar ist, daß es möglich sei, die Luft so gleichmäßig allen Brennstoffteilen zuzuführen, daß nicht ein Atom Sauerstoff unausgenützt durch die Feuerung streicht und es schon aus diesem Grunde geboten erscheint, daß mit einem mehr oder minder großen Luftüberschuß gefeuert wird.

Die meisten Kesselanlagen arbeiten mit festem Brennstoff und bei diesem wird man immer mit einem Luftüberschuß von mindestens

30—50% feuern müssen. Nur bei Gas-, Oel- und Kohlenstaubfeuerung wird dieser Wert geringer sein.

Geht die Verbrennung nur mit der theoretischen Luftmenge vor sich, so wird bei jedem Brennstoff ein Kohlensäuregehalt erzeugt, der beinahe nur vom Wasserstoffgehalt des Brennstoffes abhängig ist, und wie schon angeführt, ist bei von Wasserdampf befreiten Heizgasen $\text{CO}_2 + \text{O}_2 = 18-20$ Volumprozent, bzw. soll es sein. Nur wenn der Brennstoff vollkommen wasserstofffrei ist, wie z. B. bei völlig gasfreier Koks, ist 21 Vol.-% CO_2 in den Abgasen zu erzielen, weil die Luft 21 Vol.-% Sauerstoff enthält. Sinkt der mittlere CO_2 -Gehalt der Rauchgase herab bis auf die Hälfte, also auf 9—10%, so entspricht er der doppelten Luftmenge.

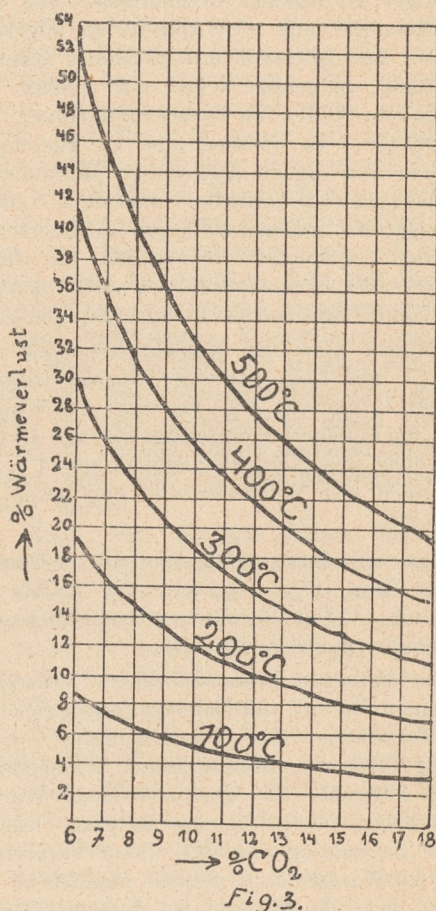


Fig. 3.

Die in den Verbrennungsraum eingeführte Luft muß auch erwärmt werden; je größer diese Luftmenge ist, umso größer ist der Wärmeverlust, weil ein Teil der erzeugten Wärme eben nicht zur Dampfbildung allein herangezogen wird; je größer also der Luftüberschuß und die Abgastemperatur ist, umso größer ist auch der Wärmeverlust. Fig. 3 gibt

für Steinkohle mit einem unteren Heizwert von 7500 WE die Wärmeverluste bei einem Kohlensäuregehalt der Abgase von 6—18% und einer Abgastemperatur von 100—500° C an.

Wenn also der CO₂-Gehalt und die Abgastemperatur bekannt ist, so ist die Größe des Schornsteinverlustes vollkommen bestimmbar.

In den Heizgasen steckt gewissermaßen ein physikalischer und ein chemischer Wärmeinhalt. Ersterer wird durch die fühlbare Abwärme, letzterer durch die brennbaren Gasbestandteile in den Rauchgasen gebildet. Ein großer physikalischer Wärmeinhalt rührt also von großem Luftüberschuß, ein großer chemischer Wärmeinhalt von Luftmangel, herrührend (bei festen Brennstoffen) von ungenügender Durchmischung der Verbrennungsgase mit der Verbrennungsluft. (Bei rostlosen Feuerungen tritt Luftmangel bei falscher Brennereinstellung ein.) Der Luftmangel muß aber keineswegs allgemein sein, um das Auftreten unverbrannter Gase zu begünstigen; es genügt schon ein solcher nur an einzelnen Stellen im Verbrennungsraum, also ein örtlicher. Es müssen also die Rauchgase nicht nur bei einem bestimmten Minimum an Luftüberschuß verbrannte Gase enthalten, sondern auch sogar bei einem 100%igen Luftüberschuß, weil auch ein solcher, namentlich bei dicker und backender Brennstoffschicht, nicht an sämtlichen Stellen des Rostes hindurchdringen kann.

Steigert man den Kohlensäuregehalt zwischen 11 und 15% bei einer Abgastemperatur von 300° C nur um 1%, so sinkt der Wärmeverlust um annähernd denselben Betrag; steigert man jedoch den Kohlenoxydgehalt um 1%, so steigt auch der Wärmeverlust, und zwar um etwa 0.2%.

Man sieht daraus, daß innerhalb bestimmter Grenzen (hier 1% CO₂ und 0.2% CO) der CO₂- und CO-Gehalt wärmewirtschaftlich entgegengesetzt gleichwertig sind.

Die glühende Brennstoffschicht verursacht auch einen Zerfall von Kohlenwasserstoffen und eine Zersetzung des Wasserdampfes; dieser Vorgang führt zur Bildung freien Wasserstoffes in den Abgasen, der ebenfalls einen Wärmeverlust bringt; er ist nahezu so groß, wie der bei der Entstehung von CO. Beim Verbrennen des H₂ zu Wasserdampf werden nämlich 58 WE frei und beim Verbrennen des Kohlenstoffes zu Kohlenoxyd 68 WE. Wasserstoffbildung tritt besonders bei gasreicher Steinkohle bei Handbeschickung, bei Rohbraunkohle auf Plan- und Treppenrosten und bei Feuerungen für flüssiges und wasserstoffhaltiges gasförmiges Brennmaterial auf.

Außer CO und H₂ treten mitunter auch kleine Mengen von Kohlenwasserstoffen, besonders Methan, auf.

Man sieht also, daß ein hoher Gehalt der Abgase an CO und H₂ Mitursache eines großen direkten Wärmeverlustes durch die abziehenden Rauchgase ist. Ein geschickter und verständnisvoller Heizer kann aber, wie schon eingangs erwähnt, diese Verluste bedeutend herabdrücken; ein ungeschickter, nachlässiger und gleichgültiger Heizer sie aber auch ganz bedeutend erhöhen und dadurch den Grundstein zu einem unwirtschaftlich arbeitenden Kesselbetrieb legen. Aber auch im ersten Falle wird der Heizer die Verluste ausnahmslos nur dann vermindern und auf das zulässige Kleinmaß bringen, wenn er außer guten wärmetechnischen Kenntnissen auch über bestimmte Meßinstrumente verfügt. Ohne Meßgeräte ist eine Herabsetzung der Wärmeverluste ebenso unmöglich, wie das Wägen eines Körpers ohne Wage. Heizer, die angeben, zufolge ihrer langjährigen Erfahrungen Meßinstrumente entbehren zu können, sind ein Schaden für den Betrieb und wollen durch eine derartige Irreführung ihres Vorgesetzten nur die eigene Unkenntnis und Dummheit bemänteln.

Eine Abgasüberwachung, soll sie ihren Zweck erfüllen, darf nicht ab und zu, sondern hat beständig, also ohne Unterbrechung, zu erfolgen. Dies bedingt einmal im Kesselhaus das Vorhandensein eines Instrumentes, welches selbsttätig den jeweiligen CO₂- und CO-, sowie auch den H₂-Gehalt der Abgase, die Abgastemperatur und die Zugstärke anzeigt und eventuell auch aufschreibt. Die beständige, ununterbrochene CO₂-Bestimmung ist unumgänglich notwendig, weil sie den Luftüberschuß angibt; da es in einer Feuerung fast nie oder doch äußerst selten vorkommt, daß keine unverbrannten Gase entstehen, so hat auch die CO-Bestimmung stets gleichzeitig mit der CO₂-Bestimmung mitzuerfolgen. Eine Nichtberücksichtigung der unverbrannten Gase kann über die richtige Verbrennung arg täuschen; dasselbe gilt bezüglich des H₂-Gehaltes.

Feuerungsanlagen, die nicht mit Rauchgasprüfer ausgerüstet sind, arbeiten immer mit einem überaus geringen Kohlensäuregehalt, das heißt mit einem zu großen Luftüberschuß und daher äußerst unwirtschaftlich.

Da eine richtige und wirtschaftliche Verwertung eines Brennstoffes abhängig ist von der Einstellung der richtigen Verbrennungsluft, d. h. des Zuges, so ist ein Zugmesser ein ebenso notwendiges Meßinstrument wie der Rauchgasprüfer. Mit Hilfe des Rauchgasprüfers werden die richtigen Luftmengen bestimmt, die richtige Einstellung der Verbrennungsluftmenge ermöglicht erst der Zugmesser. Der Heizer hat nach Anzeige des Zugmessers den Rauchschieber entsprechend einzustellen. Am besten ist ein Differenzzugmesser, der aufzeichnend und anzeigend wirkt.

Da die Temperatur, mit der die Heizgase in den Schornstein treten, bestimmend für die Größe des Abgasverlustes ist, so ist die Messung dieser Temperatur ebenso wichtig und notwendig, wie die des CO_2 -, CO - und H_2 -Gehaltes der Heizgase. Die Kenntnis der Abgastemperatur gibt auch Aufschluß über den Zustand der Feuerung, Undichtheit der Kesselzüge usw., sie besagt ferner, in welcher Größe die Wärme an den Kesselinhalt übergegangen ist. Nach dem vorher Gesagten ist es klar, daß der Wirkungsgrad der Kesselanlage um so günstiger ist, je niedriger die Abgastemperatur ist. Zeigt es sich, daß trotz richtigem Kohlensäuregehalt der Heizgase bei gleicher Kesselbelastung die Abgastemperatur steigt, so ist dies ein Zeichen, daß der Wärmetübergang der Heizgase zum Kesselwasser durch Flugascheablagerungen am Kesselmantel oder durch Kesselsteinbildung und dergleichen behindert ist. Eine hohe Abgastemperatur deutet deshalb immer an, daß der Betrieb unwirtschaftlich arbeitet und irgend etwas nicht in Ordnung ist.

Die drei wichtigsten und unentbehrlichsten Kesselhauskontrollapparate: Rauchgasprüfer, Zuggemessener und Abgasthermometer erzielen den größten Effekt beim kleinstmöglichen Aufwand an Brennstoff. Ohne diese drei Meßinstrumente ist eine wirtschaftliche Verwertung des Brennstoffmaterials einfach unmöglich, das Fehlen auch nur eines dieser drei Instrumente muß unbedingt zu einer Brennstoffverschwendung führen und das Fehlen auch nur eines dieser Instrumente sofort auf die Verständnislosigkeit sowohl des Heizers als auch des Kesselbesitzers für die neuzeitliche Wärmewirtschaft hindeuten.

Verfasser hält das Vorhandensein eines Rauchgasprüfers auch dann für geboten, wenn die Kesselanlage mit einem sogenannten Dampfkesselhauptgerät versehen ist, das ist jenes Gerät (Doppelinstrument), dessen oberes Meßwerk die Dampferzeugung mißt, während das untere bei Unterwindfeuerung die zugehörige Unterwindmenge, bei anderen Feuerungen aber die zugehörige Abgasmenge anzeigt und bei welchen beide Messungen derart nach dem Folgezeigerprinzip abgestimmt sind, daß das Vorhandensein der vorgeschriebenen oder günstigsten Verdampfungsziffer durch übereinstimmende Stellung beider Zeiger des Meßinstrumentes ersichtlich ist. Die zusätzliche Anzeige der Abgasanalyse muß bei richtiger Funktion aller Meßinstrumente die Anzeige des Dampfkesselhauptgerätes bestätigen.

4. Wie hat der Heizer zu feuern?

Die Wartung der Dampfkesselanlage obliegt dem Heizer. Jeder Heizer ist bestimmt der Meinung, dieselbe in einwandfreier, ja muster-giltiger Weise vorzunehmen und versteht es

sehr gut, den Kesselbesitzer, in dessen Dienst er steht, hierin so zu überzeugen, daß dieser seinen Worten Glauben schenkt, was umso leichter möglich ist, weil der Kesselbesitzer, soferne er kein Techniker ist, der mit der Entwicklung der Technik Schritt hält, vom Kesselbetrieb ohnedies nichts versteht.

Es ist aber, und zwar nicht nur bei kleinen Kesselbetrieben, sondern auch bei größeren sehr häufig der Fall, daß die Kesselbedienung durchaus nicht ganz so einwandfrei ist und auch nicht mehr dem heutigen Stande der Feuerungstechnik entspricht, der Kesselbetrieb daher, vielleicht ohne Wissen des Heizers, in höchst unwirtschaftlicher Weise vollzogen wird. Dies ist insbesondere dort der Fall, wo dem Heizer kein wissenschaftlich gebildeter Wärmetechniker zur Seite steht, wenngleich nicht geleugnet werden kann und darf, daß es auch viele Betriebe gibt, die zwar wohl einen Techniker angestellt haben, der aber mit seinen Gedanken und Erwägungen bei seinem alles besser wissenden Vorstand nicht durchdringen kann, weil dieser in seiner »wissenschaftlichen Kurzsichtigkeit« für eine wissenschaftlich richtige und wirtschaftliche Kesselführung, auch wenn sie nur eine einmalige Ausgabe bedingt, keinen Sinn und kein Verständnis hat und Ausgaben scheut, ohne zu bedenken, daß sich diese nicht nur reichlich amortisieren, sondern auch Wege zu ganz bedeutenden Ersparnissen erschließen.

Leider sind aber die meisten Kesselheizer selbst und zwar besonders diejenigen der alten Garde, jedweder Neuerung in ihrem Königreich abhold, ja sie sind äußerst gekränkt, wenn ihnen jemand sagt, daß sie die Kesselanlage nicht richtig warten.

Nach dem heutigen Stande der Wärmetechnik und ganz besonders deshalb, weil unsere Wirtschaft darniederliegt, ist es nicht mehr angängig, einen Kesselbetrieb, auch wenn er noch so klein ist (oder vielleicht gerade deshalb), ohne die Behelfe, die die neuzeitliche Wärmetechnik angibt, zu halten.

Wie also soll der Heizer feuern, um möglichst kleine Wärmeverluste zu erzielen?

Diese Frage ist so wichtig, von so weittragender Bedeutung, daß es sich schon lohnt, darauf näher einzugehen.

Jedenfalls ist so zu feuern, das heißt die Feuerungsanlage zu bedienen, daß die vermeidlichen Wärmeverluste wirklich vermieden werden, sie also gar nicht auftreten und die unvermeidlichen Wärmeverluste auf ein derartiges Kleinstmaß herabgedrückt werden, daß sie nicht noch kleiner gemacht werden können.

Sollen die zehn möglichen Fälle der direkten Wärmeverluste einer Kesselanlage durch den Heizer beseitigt, beziehungsweise vermieden oder doch herabgedrückt werden, dann ist es uner-