

XII. Gasexplosionen.

Diese erfolgen, wenn nach der Aufgabe frischen, besonders gasreichen Brennstoffes derselbe nicht gleich anbrennt. Leichter treten Gasexplosionen ein, wenn nach erfolgter Reinigung des Feuers bei ungenügendem Schornsteinzuge zu reichlich frischer Brennstoff aufgegeben, d. h. die auf dem Rost verbliebene glühende Kohlenmenge bei Schrägrosten durch nachfallendes Material vollständig verschüttet oder bei Planrostfeuerungen zugeworfen wird.

Die sich alsdann entwickelnden Gase füllen die Kesselzüge an und explodieren, sobald eine genügende Zufuhr von Verbrennungsluft stattgefunden hat und bei niederbrennendem Rost eine Flamme sichtbar wird, oder das Mauerwerk noch eine genügend hohe Temperatur besitzt, um das Gasgemenge zur Entzündung zu bringen. Ist dann das Mauerwerk ringsherum fest verschlossen, so äußern sich diese Explosionen bei Plan- und Schrägrost meist in der Weise, daß die lose angelehnte Feuertür aufgeschleudert wird, wobei je nach der Heftigkeit der Explosion ein Teil des Feuers mit herausfliegt. Bei Treppenrosten, die in der Regel am Fülltrichter durch größere Brennstoffmengen und Schieber fest geschlossen sind, ist die Wirkung deshalb schwächer, weil der Querschnitt zwischen den Rostplatten für das austretende Gasgemenge größer als beim Plan- und Schrägrost ist. Es erfolgen meist nur sog. Verpuffungen und das Herausschleudern glühender Brennstoffteile ist weniger zu befürchten. Trotzdem kann je nach den Umständen, z. B. bei sehr leichten Brennstoffen — trockenen Säge- und Hobelspänen — auch bei Treppenrosten eine mehr oder weniger große Flamme entstehen, die gegebenenfalls zu schweren Verletzungen des Heizersonals führt.

Bei gasreichen Brennstoffen ist es daher ratsam, mit Oberluft¹⁾ zu arbeiten und an einigen Stellen im Kesselmauerwerk lose anliegende Klappen anzubringen, die bei erfolgter Explosion aufliegen und nachher durch ihr Eigengewicht wieder zufallen.

Ist die in den Zügen angesammelte explosible Gasmenge groß und sind keine genügend weiten Öffnungen vorhanden, aus denen das Gasgemenge schnell genug entweichen kann, so wird unter Umständen das ganze Kesselmauerwerk zerstört und die Kessel aus ihrer Lage gebracht. Auch Schornsteinzerstörungen kommen infolge von Gasexplosionen vor. Deshalb ist es wichtig, bei der Einmauerung eines Kessels darauf zu achten, daß die Gasströmung in den Zügen an allen Stellen eine möglichst gleichmäßige ist, d. h. es sollen keine toten Ecken oder Räume vorhanden sein, an denen explosible Gase stagnieren können. Bei auf und ab gehenden Zügen läßt man daher in den senkrechten Mauerwänden oben Öffnungen (Fig. 18), um im oberen Teile der Heizkammer eine Gasströmung zu sichern.

Das Decken des Feuers während der Nacht oder sonstigen Betriebspausen ist unzulässig, weil hierbei der Rauchschieber geschlossen gehalten werden muß und die Schwelgase, die vom Rost in die Züge strömen, die beste Gelegenheit zu Gasexplosionen geben.

Wird einmal der Kesselbetrieb unvermutet eingestellt oder während kurzer Pausen das Feuer schwach unterhalten, so sollten vor Beginn des Betriebes, bevor das Feuer angefacht wird, erst kurze Zeit Feuertür und Rauchschieber voll geöffnet werden, um etwa in den Zügen stagnierende explosible Gase nach dem Schornstein entweichen zu lassen, bevor ihre Entzündung durch das auflodernde Feuer möglich ist.

XIII. Der Schornstein.

1. Aufgabe und Leistung des Schornsteines.

Der Schornstein hat zwei Aufgaben zu erfüllen, erstens die Bewegung der Luft zur Feuerung hin und der Verbrennungsgase durch die Kesselzüge hindurch zu unterhalten, zweitens die Verbrennungsgase in solcher Höhe in die Luft zu entlassen, daß sie der Nachbarschaft nicht schädlich oder lästig sind.

Danach ergibt sich, daß von dem Schornstein eine Arbeit verlangt wird, welche durch den Wärmeinhalt der Rauchgase, in dem Abschnitt „Verbrennung“ als „Verlust V_3 “ bezeichnet, bestritten wird.

Für diesen Verlust, in bezug auf den Schornstein als Bruttoarbeit aufgefaßt, kann man folgende Bilanz aufstellen:

Wärmeinhalt der Rauchgase	}	Arbeit zur Beschleunigung der Verbrennungsluft	1
		+ „ „ Überwindung der Widerstände in der Brennstoffschicht	2
		+ „ „ Überwindung der Reibungswiderstände und Wirbel in den Kesselzügen, dem Fuchs und dem Kamin selbst . . .	3
		+ „ „ Hebung der Rauchgasmenge bis zur Schornsteinmündung	4
		+ Wärmeverlust durch die Wände von Fuchs und Schornstein	5
		+ Wärmeverlust beim Austritt aus dem Schornstein	6

¹⁾ Siehe auch Abschnitt X, Feuerungen, S. 186.

Sieht man die Leistungen 1 bis 4, welche zur Unterhaltung der Bewegung dienen, als Nutzleistung an, so ist deren Größe abhängig von der verfeuerten Brennstoffmenge einerseits und von dem Widerstande beim Durchziehen der Brennstoffschicht und der Kesselzüge andererseits. Für diese Arbeit steht eine Druckhöhe h_r , gemessen in mm WS, zu Verfügung, welche durch den Auftrieb der heißen Verbrennungsgase in dem Schornsteinrohr erzeugt wird, also von der Temperatur der Gase und der Schornsteinhöhe abhängig ist und aus denselben berechnet werden kann [Gl. (3)]. Es könnte demnach durch Bemessung der Schornsteinhöhe ein bestimmter Wirkungsgrad der Schornsteinarbeit erzielt werden, so daß man in der Lage wäre, die Temperatur der Abgase und die Größe des Verlustes durch dieselben zu begrenzen.

Nun hängt aber die Temperatur der Abgase nicht vom Schornstein, sondern vom Kessel ab, der nicht imstande ist, den Gasen über eine gewisse Grenze — etwa 280 bis 300° — hinaus noch Wärme zu entziehen, wenn nicht die Heizfläche sehr groß und der Kessel zu teuer werden soll. Diese Grenze kann aber durch den Einbau von Rauchgasvorwärmern nach unten verschoben werden, jedoch bei natürlichem Luftzuge und normalen Schornsteinabmessungen kaum unter 180° C heruntergehen. In einzelnen Fällen, bei verhältnismäßig hohen Schornsteinen, sind untere Grenzen von 150 und 120° C erreicht. Die Schornsteinhöhe wird daher unter Zugrundelegung der Abgastemperatur und einer geforderten Zugstärke h_r berechnet; das Mindestmaß ist dadurch bestimmt, daß zur Verhütung der Rauchbelästigung die Mündung mindestens 5 m höher liegen soll als der im Umkreise von 300 m gelegene — höchste — First eines Wohngebäudes.

2. Die lichte Weite des Schornsteines.

In neuerer Zeit kommt nur der ringförmige Schornsteinquerschnitt in Betracht, da derselbe in bezug auf den Reibungswiderstand der Wände, die Abkühlungsfläche und den Winddruck allen anderen Querschnitten überlegen ist. Schornsteine von quadratischem, sechs- oder achteckigen Querschnitt wird man nur dort bauen, wo Ringsteine (Radialsteine) nicht zu annehmbaren Bedingungen zu haben sind. Das dürfte jedoch in Deutschland kaum irgendwo zutreffen.

Die Größe des Querschnittes f_0 in qm an der Mündung wird bestimmt aus der Rauchgasmenge und der Ausströmungsgeschwindigkeit v_n in m/sek. v_n beträgt 2 bis 8 m/sek., im Durchschnitt rechnet man 4 m/sek., nach Feuerungsuntersuchungen des Vereins für Feuerungsbetrieb und Rauchbekämpfung in Hamburg sind Gasgeschwindigkeiten im Schornstein bis zu etwa 6 m/sek. ohne merkbare nachteilige Beeinflussung auf die Zugwirkung.

Es sei ferner:

t_0 die Temperatur der Rauchgase an der Mündung in °C,

$\alpha = \frac{1}{273}$ die Ausdehnungszahl der Gase,

B die Brennstoffmenge für die Stunde in kg,

G_v die auf 1 kg Brennstoff entwickelte Gasmenge bezogen auf 0° C und 760 mm QS in cbm.

Wird bei durchschnittlicher Brennstoffzusammensetzung die theoretische Luftmenge zu rund 8 cbm angenommen und mit einem Luftüberschuß von $n = 1,7$ entsprechend 12,4 v. H. CO₂ gerechnet, so ist $G_v = 13,6$ cbm, da das Gasvolumen annähernd gleich dem Luftvolumen ist.

Dann ist

$$f_0 = \frac{B \cdot G_v (1 + \alpha t_0)}{3600 \cdot v_n} \quad (57)$$

Dabei ist auf Erweiterung der Anlage Rücksicht zu nehmen; sollte man infolgedessen für den Anfang zu geringe Geschwindigkeiten erhalten, wobei die Gefahr besteht, daß bei ungünstigem Wind der Rauch zurückgeschlagen kann, so ist empfehlenswert, einen Deckring auf die Schornsteinmündung zu legen, welcher den Querschnitt verengt und bei Zunahme des Betriebes abgenommen wird.

Nach von Reiche ist unter Berücksichtigung einer zukünftigen Betriebsvergrößerung von 30 v. H. der obere Mündungsdurchmesser

$$d_0 = 0,1 \cdot B^{0,4} \text{ in m.} \quad (58)$$

Beispiel 20. Wie groß ist die lichte Weite d_0 eines Schornsteines für eine Dampferzeugung von 5000 kg Heißdampf pro Stunde von 12 at Überdruck bei Vorwärmung des Speisewassers mittels Rauchgasvorwärmer?

Bei einer Kohle von 7300 WE kann man unter diesen Umständen mit achtfacher Verdampfung rechnen, so daß eine Brennstoffmenge von $\frac{5000}{8} = 625$ kg/Std. verfeuert wird. Die

Fuchstemperatur betrage $t_u = 180^\circ \text{C}$, die Temperatur an der Schornsteinmündung wird, bei ~ 10 v. H. Wärmeverlust im Schornstein, zu $t_0 = 162^\circ$ angenommen, so daß $1 + \alpha t^\circ = 1,6$ und

$$f_0 = \frac{625 \cdot 13,6 \cdot 1,6}{3600 \cdot 4} = 0,94 \text{ qm wird, entsprechend } d_0 = 1,09 \text{ m.}$$

Mit 30 v. H., Reserve für ev. spätere Betriebszunahme, erhält man

$$f_0 = 1,3 \cdot 0,94 = 1,22 \text{ qm und } d_0 = 1,26 \text{ m.}$$

Nach Gl. (58) wird

$$d_0 = 0,1 \cdot 625^{0,4} = 1,3 \text{ m,}$$

ebenfalls unter Berücksichtigung einer Reserve von 30 v. H.

3. Die Schornsteinhöhe.

Zur Ermittlung des Unterdruckes am Kesselende ist zunächst der Auftrieb zu berechnen, welchen die Rauchgase im Schornstein gegenüber der Außenluft erleiden.

Es sei:

$t_g^\circ \text{C}$ die mittlere Schornsteintemperatur der Rauchgase,

$$T_g = t_g + 273^\circ,$$

$t_l^\circ \text{C}$ = Temperatur der Außenluft,

$$T_l = t_l + 273^\circ,$$

p_g = der atmosphärische Druck der Schornsteingase,

p_l = der atmosphärische Druck der Außenluft,

$R = 29,3$ Gaskonstante, für Luft und Rauchgase gleich angenommen, Zahlentafel Nr. 2.

H_r = Höhe der Schornsteinmündung über dem Rost in m.

In der Annahme, daß die spez. Gewichte der Luft und der Rauchgase einander gleich seien, ist dann das Gewicht G_g der Gassäule im Schornstein in kg, wenn der Rauminhalt derselben mit $V = f_0 H_r$ angenommen wird,

$$G_g = \frac{V \cdot p_g}{R T_g} \text{ nach Gl. (4)}$$

und das Gewicht einer gleichen Luftsäule außerhalb des Schornsteines

$$G_l = \frac{V \cdot p_l}{R \cdot T_l}.$$

Die Druckhöhe h_r ist nun der Unterschied $G_l - G_g$ bezogen auf 1 qm in mm Wassersäule (WS). 1 mm WS entspricht dem Drucke von 1 kg/qm, also ist