

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1863

Temperatur der Verbrennungsgase

[urn:nbn:de:bsz:31-270981](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-270981)

atmosphärische Luft notwendig, um \mathfrak{R} Kilg. Kohle zu Kohlensäure zu verbrennen.

Ein Kilogramm Hydrogen erfordert $\frac{0.88}{0.11} = 8^{klg}$ Sauerstoff, und dieser wird geliefert durch $\frac{8}{0.20} = 38.1^{klg}$ atmosphärische Luft. Die $(\mathfrak{S} - \frac{1}{8} \mathfrak{D})$ Kilg. freies Hydrogen des Brennstoffs brauchen daher $38.1 (\mathfrak{S} - \frac{1}{8} \mathfrak{D})$ Kilg. atmosphärische Luft.

Nennt man nun L die Luftmenge in Kilogrammen, welche zur vollständigen Verbrennung von 1^{klg} Brennstoff notwendig ist, so hat man:

$$L = 12.2 \mathfrak{R} + 38.1 \left(\mathfrak{S} - \frac{1}{8} \mathfrak{D} \right) \dots \dots (1)$$

Vermittelt dieser Formel findet man:

für vollkommen trockenes Holz	$L = 6.3$
„ lufttrockenes Holz	$L = 5.1$
„ Holzkohle	$L = 11.3$
„ Steinkohle	$L = 11.6$
„ Koke	$L = 10.4$

Dabei sind die mittleren chemischen Zusammensetzungen der Tabelle 194 der Resultate für den Maschinenbau in Rechnung gebracht worden.

Bei den Kesselfeuerungen ist die Luftmenge, welche die Verbrennung unterhält, gewöhnlich um die Hälfte grösser oder selbst zweimal so gross, als die oben berechnete kleinste Luftmenge, durch die eine vollständige Verbrennung theoretisch möglich ist.

Temperatur der Verbrennungsgase. Wenn wir voraussetzen, dass die Wirkungsgrösse oder mechanische Arbeit, die durch den Verbrennungsakt entwickelt wird, vollständig in den Aether übergeht und in den Dynamiden radiale Schwingungen hervorbringt, kann die Temperatur der Verbrennungsgase durch Rechnung genauer bestimmt werden als durch Versuche, denn die Physik ist nicht im Besitz eines Pyrometers, welches Temperaturen von 1000 bis 2000 Graden mit Verlässlichkeit angibt.

Nennen wir:

w die totale Wärmemenge, die durch Verbrennung von 1^{klg} Brennstoff entwickelt wird und durch die früher aufgestellten Formeln bestimmt wurde,

A, A_1, A_2, \dots die Stoffmengen in Kilogrammen, welche bei dem Verbrennungsakt gegenwärtig sind,

$c_1, c_2, c_3 \dots$ die Wärmekapazitäten dieser Stoffe,
 $t_1, t_2, t_3 \dots$ die Temperaturen derselben vor der Verbrennung,
 T die Temperatur der Verbrennungsgase.

Dies vorausgesetzt, sind:

$$A_1 c_1 (T - t_1), A_2 c_2 (T - t_2), A_3 c_3 (T - t_3) \dots$$

die Wärmemengen, welche die Stoffe in sich aufnehmen, indem ihre Temperaturen um $T - t_1, T - t_2, T - t_3$ gesteigert werden. Wenn also nur Erwärmungen statt finden, hat man:

$$W = A_1 c_1 (T - t_1) + A_2 c_2 (T - t_2) + A_3 c_3 (T - t_3) + \dots$$

oder summatorisch ausgedrückt:

$$W = \Sigma A c (T - t) = T \Sigma A c - \Sigma A c t$$

demnach wird:

$$T = \frac{W + \Sigma A c t}{\Sigma A c} \dots \dots \dots (1)$$

Geschieht die Verbrennung von 1^{kg} Brennstoff mit L Kilogramm atmosphärischer Luft von t° Temperatur, so bestehen die Verbrennungsgase grösstentheils aus atmosphärischer Luft, wird man sich also von der Wahrheit nicht weit entfernen, wenn man die Wärmekapazität der $L + 1^{kg}$ Verbrennungsgase gleich der Wärmekapazität der atmosphärischen Luft, also gleich 0.237 setzt, und dann findet man:

$$T = t + \frac{W}{0.237 (L + 1)} \dots \dots \dots (2)$$

Die Temperatur der Verbrennungsgase ist, wie man aus dieser Gleichung ersieht und wie auch ohne alle Rechnung eingesehen werden kann, um so grösser, je energischer die chemische Aktion (W) und je kleiner die Stoffmenge ($L + 1$) ist, welche den aktiven Erfolg in sich aufzunehmen hat. Wenn Wasserstoffgas in reinem Sauerstoff verbrennt, ist die chemische Aktion (W) höchst energisch, dagegen die Stoffmenge sehr klein, daher die Temperatur sehr hoch.

Wenn 1^{kg} Wasserstoff mit reinem Sauerstoff verbrennt ist: $W = 34500$, für 1^{kg} Wasserstoff $A_1 = 1, c_1 = 3.4046$, für 8^{kg} Sauerstoff, welches 1^{kg} Wasserstoff fordert, $A_2 = 8, c_2 = 0.2182$.

Ist die Temperatur der Gase vor ihrer Verbindung $= 0$, so ist $t_1 = t_2 = 0$ und die Gleichung (1) gibt:

$$T = \frac{34500}{1 \times 3.4046 + 8 \times 0.2182} = 6700^\circ$$

Wenn Steinkohlen mit dem Minimum von kalter atmosphärischer Luft verbrannt werden, ist:

$$W = 7050, L = 11.6, t = 0$$

und dann findet man aus (2):

$$T = \frac{7050}{0.237 (11.6 + 1)} = 2361^\circ$$

Erfolgt aber die Verbrennung mit zweimal so viel Luft als das Minimum beträgt, also mit $L = 23.2$, so wird:

$$T = \frac{7050}{0.237 (23.2 + 1)} = 1229^\circ$$

Wenn es sich nur allein um Wärmemenge handelt, ist es im Allgemeinen gleichgültig, ob die Verbrennung mit viel oder mit wenig atmosphärischer Luft erfolgt, denn wenn die Verbrennung vollständig und vollkommen erfolgt, ist die Wärmemenge bei viel oder wenig Luft gleich gross. Allein wenn eine möglichst hohe Temperatur hervorgebracht werden soll, wenn es sich z. B. um die Schmelzung eines Stoffes handelt, wird der beabsichtigte Zweck oftmals nur durch eine Verbrennung mit dem Minimum von atmosphärischer Luft erreicht werden können. Wir werden übrigens in der Folge sehen, dass für eine vollständige und vollkommene Verbrennung eine möglichst hohe Temperatur der Verbrennungsgase vortheilhaft ist, dass es also fast in allen praktischen Verhältnissen für die Entwicklung der Wärme des Brennstoffs günstig ist, wenn die Verbrennung mit dem Minimum von atmosphärischer Luft erfolgt.

Die nachstehende Tabelle gibt für verschiedene Brennstoffe von mittlerer chemischer Zusammensetzung die Temperaturen der Verbrennungsgase, und zwar für den Fall a) wenn die Verbrennung mit dem Minimum von atmosphärischer Luft geschieht, und für den Fall b) wenn die die Verbrennung unterhaltende Luftmenge doppelt so gross ist als das Minimum. Die zwei Columnen a. b. sind vermittelt der Formeln (1) und (2) berechnet worden.

Brennstoff.	Chemische Zusammen- setzung.					Temperatur der Ver- brennungs- gase.	
	K	H	O	N	A	Fall a	Fall b
Holz, wasserleer	0.493	0.063	0.444	0.000	0.015	1870	1010
Holz, lufttrocken	0.394	0.051	0.355	0.200	0.015	1615	963
Torf, wasserleer	0.541	0.055	0.326	0.000	0.076	1930	1111
Torf, lufttrocken	0.443	0.044	0.261	0.200	0.061	1780	1000
Steinkohlen	0.815	0.054	0.071	0.000	0.030	2350	1204
Holzkohlen	0.930	0.000	0.000	0.000	0.070	2185	1130
Koke	0.850	0.000	0.000	0.000	0.150	2180	1130
Anthracit	0.900	0.040	0.032	0.000	0.028	2340	1210
Wasserstoffgas in Sauer- stoffgas verbrannt . . .	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	6700	

K = Kohlenstoff

H = Wasserstoff

O = Sauerstoff

N = Wasser

A = Asche

} in einem Kilg. Brennstoff.

Vergleicht man diese Temperaturen mit den Schmelztemperaturen der Metalle (Tafel 232, Seite 188 der Resultate für den Maschinenbau), so sieht man, dass alle in dieser Tabelle bezeichneten Metalle zum Schmelzen gebracht werden, wenn dieselben Verbrennungsgasen ausgesetzt werden, die keinen Rauch enthalten und nur das Minimum von atmosphärischer Luft, dass jedoch in den Verbrennungsgasen, die doppelt so viel Luft enthalten, zwar Gusseisen, nicht aber Schmiedeeisen zum Schmelzen kommt.

Für die Erhaltung der Roste und Dampfkessel wäre eine Feuerung mit dem Minimum von atmosphärischer Luft sehr bedenklich, obgleich die Abkühlung, welche das im Kessel enthaltene Wasser (von 100 bis 150° Temperatur) in der Kesselwand bewirkt, gegen das Schmelzen schützt.

Eine hohe Temperatur der Verbrennungsgase ist vorteilhaft für den Verbrennungsprozess, für die vollständige und vollkommene Verbrennung, ist auch nothwendig, wenn diese Gase zu Schmelzprozessen oder zu andern Vorgängen dienen, die nur allein durch äusserst hohe Temperaturen gelingen können. Eine hohe

Temperatur ist jedoch für die Erhaltung der Gefässe, in welchen Luft oder Wasser bis zu einer mässigen Temperatur erhitzt werden sollen, jederzeit nachtheilig, denn wenn auch nicht so leicht eine Schmelzung des Metalls, aus welchem das Gefäss gebildet ist, zu befürchten steht, so werden doch diese Gefässe durch Oxydation rasch abgenützt (durchgebrannt), denn wenn metallische Körper, und insbesondere wenn Eisen mit glühendheisser atmosphärischer Luft in Berührung kommt, bildet sich Metalloxyd und das Metall verschwindet allmählig.

Aus diesen Andeutungen stellt sich aber doch heraus, dass eine gewisse Temperatur der Verbrennungsgase für die Conservirung der Gefässwände am Vortheilhaftesten sein dürfte. Denn wenn die Verbrennung mit einer Luftmenge erfolgt, die nur wenig grösser ist als das Minimum, entsteht zwar möglicher Weise eine sehr hohe Temperatur, werden aber die Verbrennungsgase nur äusserst wenig freien Sauerstoff enthalten. Erfolgt die Verbrennung mit einer Luftmenge, die viel grösser ist als das Minimum, so entsteht zwar eine nur mässige Temperatur, enthalten jedoch die Verbrennungsgase sehr viel freien Sauerstoff; in diesen zwei extremsten Fällen (gar kein freier Sauerstoff und sehr viel freier Sauerstoff) wird also, wie es scheint, ein Verbrennen der Gefässwände nicht eintreten, dagegen ist dieses zu befürchten, wenn wenig freier Sauerstoff und ziemlich hohe Temperaturen gleichzeitig vorhanden sind.

Destillation der Brennstoffe. Wenn Holz oder Steinkohlen in einer Retorte von Eisen oder von feuerfestem Thon eingeschlossen und der Glühhitze ausgesetzt werden, entsteht eine Auflösung, nicht aber eine Verbrennung des Brennstoffs. Dieser Vorgang wird Destillation genannt. Er besteht darin, dass sich aus dem Brennstoff Gasmassen entwickeln, und zwar anfänglich in sehr grosser Menge, hierauf allmählig in abnehmender Menge. Nach 4 bis 5 Stunden hört diese Gasentwicklung auf und bleibt in der Retorte ein Rückstand, der nichts als glühende Kohle ist. In welchem Grade die Gasentwicklung mit der Zeit abnimmt, zeigt die folgende Zahlenreihe eines Destillationsversuchs mit Steinkohlen.

Die erste Stunde liefert eine Gasmenge von	38·00 ^{Kbm}
„ zweite „ „ „ „	29·00 ^{Kbm}
„ dritte „ „ „ „	22·00 ^{Kbm}
„ vierte „ „ „ „	15·66 ^{Kbm}
„ fünfte „ „ „ „	9·33 ^{Kbm}
„ sechste „ „ „ „	6·00 ^{Kbm}