DIE BRENNSTOFFE UND IHRE VERBRENNUNG

EIN VORTRAG
auf Veranlassung der „Wärmetechnischen Beratungsstelle der deutschen Glasindustrie"

gehalten von

DR. GUSTAV KEPPELER
Professor an der Technischen Hochschule Hannover



München und Berlin 1922
Druck und Verlag von R. Oldenbourg

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechtes, vorbehalten
Copyright 1922 by R. Oldenbourg, München

Vorwort.

Das vorliegende Schriftchen verdankt seine Entstehung Vorträgen, die der Verfasser im vergangenen Jahre auf Veranlassung der Wärmetechnischen Beratungsstelle der deutschen Glasindustrie (W. B. G.), Frankfurt a. M., auf wärmetechnischen Fortbildungskursen für Betriebsbeamte der Glasindustrie in Hannover, Düsseldorf, Ilmenau und Görlitz gehalten hat. Der Zweck dieser Kurse verlangte eine Darstellung, die möglichst wenig Voraussetzungen an die Vorbildung der Zuhörer stellte, darum wurde der Behandlung des eigentlichen Themas die Besprechung einiger grundlegender Tatsachen der Chemie vorausgeschickt.

Der Vortrag bildete mit einem vorhergehenden Abriß über die Grundlagen der Wärmelehre die Einleitung des Lehrgangs; ihm folgten Vorträge über Gaserzeuger und industrielle Ofenfeuerungen (Quasebarth), Temperaturmessung (Maurach), Druck- und Zugmessungen (Klaften), sowie praktische Übungen in Glashütten. Der Inhalt des Vortrages mußte sich also darauf beschränken, die grundlegenden Eigenschaften der verschiedenen Brennstoffarten und die wichtigsten Erscheinungen, die bei ihrer Verbrennung zutage treten, zu schildern. Da eine sparsame und somit verständnisvolle Verwendung der Brennstoffe ohne die Kenntnis dieser Gegenstände nicht stattfinden kann, glaubt der Verfasser, daß das vorliegende Schriftchen nicht nur den Hörern der Vorträge, sondern auch einem weiteren Kreise von Nutzen sein dürfte.

Hannover, im Februar 1922.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Die Brennstoffe und ihre Verbrennung 1
Begriff 1
Ursprung der Brennstoffe 1
Einige Grundbegriffe der Chemie 1
Einteilung der Brennstoffe 8
Feste Brennstoffe 9
Zusammensetzung der festen Brennstoffe 12
Verbrennung der festen Brennstoffe 15
Wesen der Flamme 15
Entgasung 20
Flüssige Brennstoffe 29
Gasförmige Brennstoffe 31
Vergasung 33
Flammenverhältnisse bei Gasen 36
Wärmeentwicklung bei der Verbrennung 41
Die Grundlagen der Feuerungskontrolle 47
Das Ziel der Wärmewirtschaft 58

Die Brennstoffe und ihre Verbrennung.

Begriff.

Verbrennung im weitesten Sinne des Wortes nennt man jeden chemischen Vorgang, der sich unter Licht- und Wärmeentwicklung vollzieht. Demnach könnte man jeden Stoff, mit dem man einen solchen Vorgang hervorrufen kann, einen Brennstoff nennen. Für praktische Bedürfnisse beschränken wir uns darauf, Brennstoffe nur solche Körper zu nennen, deren Wärmeentwicklung bei der Verbrennung im praktischen Leben zur Erzeugung von Wärme und Kraft herangezogen werden kann. In diesem engeren Sinne umfassen die Brennstoffe einen wesentlich kleineren Kreis von Stoffen. Im Grunde genommen gehen diese alle unmittelbar oder mittelbar zurück auf das organische Leben in der Natur. Alles, was dieses Leben aufbaut, sei es pflanzlichen oder tierischen Ursprungs, ist brennbar. Aber nicht immer sind die Form dieser Stoffe und die aufgebauten Mengen derart, daß sie für die Befriedigung praktischer Bedürfnisse in Frage kommen.

Ursprung der Brennstoffe.

Mit wenigen Ausnahmen, wie z. B. bei reichlichem Vorhandensein von Stroh oder Spreu, bleibt als einziger Brennstoff, den die Natur frisch, in »rezentem Zustand«, wie die Wissenschaft sagt, liefert, nur das Holz. Aber zu fast allen Zeiten der Erdgeschichte, in denen organisches Leben herrschte, hat an bestimmten Orten eine Anhäufung von abgestorbenen, in Zersetzung befindlichen Pflanzenmassen stattgefunden. In den Mooren sehen wir noch in schwachem Wachstum solche Pflanzenmassen befindlich, die in Jahrtausenden unsere Moore aufgebaut haben, denen wir jetzt den Torf in seinen verschiedenen Formen entnehmen. Nicht vom gleichen, aber ähnlichen Ursprung sind die Braunkohlen- und Steinkohlenlager. Sie sind aber viel älter. Sie gehören früheren Perioden der Erdgeschichte an, die Hunderttausende, ja Millionen von Jahren zurückliegen.

Einige Grundbegriffe der Chemie.

Über Brennstoffe und Verbrennung zu reden, ist — wenn das Mitgeteilte überhaupt Nutzen stiften soll — nicht möglich, ohne einige Grundbegriffe der Chemie zu benutzen. Es empfiehlt sich deshalb, zunächst diese Grundlagen zu erörtern. Freilich kann dies nur in der knappsten Form geschehen, die nur das

Wichtigste andeuten kann. Dabei wird nicht übersehen, wie schwierig es ist, demjenigen, der der Anschauungsweise des Chemikers bis jetzt fernsteht, diese Begriffe verständlich zu machen. Vielleicht gelingt es aber, durch einige Versuche die wichtigsten Vorgänge zu veranschaulichen und so das Verständnis derselben zu vermitteln.

Jede Verbrennung bedarf der Anwesenheit bestimmter Mengen Luft. Die Luft ist gewissermaßen die Nahrung, die den Verbrennungsvorgang unterhält. Ohne Luft kommt keine Verbrennung zustande und eine im Gang befindliche Verbrennung erstirbt, sobald die Luft fehlt. Es ist deshalb notwendig, uns zunächst mit dem Wesen der Luft zu beschäftigen. Zu diesem Zweck können wir folgenden Versuch anstellen. (Abb. 1). Eine Glasglocke ist

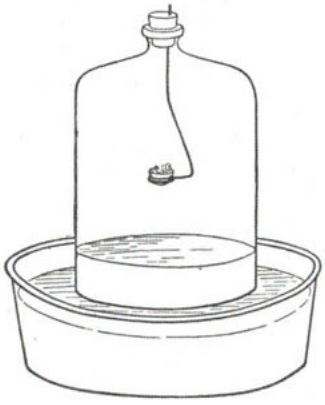
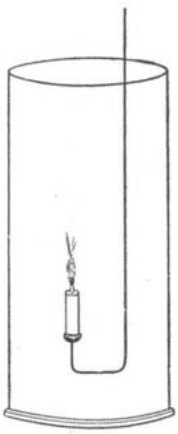
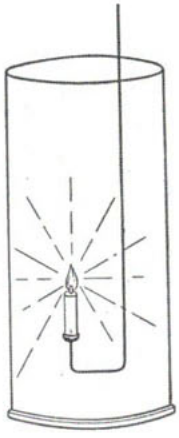


Abb. 1.



Die Kerze im Stickstoff erlischt

Abb. 2



Die Kerze im Sauerstoff leuchtet hell auf

über gefärbtem Wasser aufgehängt. Sie ist von Luft erfüllt. Wir bringen in ein darin aufgehängtes Schälchen etwas Phosphor, der eine besonders niedrige »Entzündungstemperatur« hat. Es genügt die Berührung mit einem warmen Drahte, um den Phosphor zur Entzündung zu bringen. Wir verschließen die Glocke und nun tritt sogleich eine lebhafte Verbrennung des Phosphors ein. Wir benutzen mit voller Absicht den Phosphor zu dieser Vorführung, weil er uns ein festes Verbrennungsprodukt liefert, dessen Raum verhältnismäßig gering ist, so daß wir den Raum des entstehenden Produktes nicht zu berücksichtigen brauchen. Es treten starke weiße Nebel in der Glocke auf, die eben das Verbrennungsprodukt, das Phosphoroxyd, sind, das durch die Vereinigung von Phosphor mit bestimmten Luftbestandteilen entsteht. Wir lassen den Versuch weitergehen. Wir werden sehen, daß durch die Verbrennung gewisse Bestandteile der Luft aufgesogen werden.

Die Luft ist kein einheitlicher Körper. Es ist ein Gemenge von im wesentlichen zwei Gasen, und zwar von Sauerstoff und von Stickstoff.

Wir können, auch durch rein physikalische Methoden[1]), eine Trennung der Luft in ihre Bestandteile vollbringen. Wir können diese Bestandteile getrennt in 2 Glaszylinder gefüllt untersuchen. (Abb. 2). Wenn wir in den einen Teil eine brennende Kerze einführen, so erlischt die Kerze. Dieser Bestandteil der Luft ist nicht in der Lage, die Verbrennung zu unterhalten, sondern er erstickt sie. Wir nennen ihn deshalb Stickstoff. Der andere Teil der Luft, den wir im zweiten Zylinder in Reinheit vor uns sehen, ist ebenfalls ein Gas, das aber im Gegensatz zum Stickstoff die Verbrennung lebhaft entfacht. Ein glimmender Holzspan, den wir in diesen Stoff einführen, flammt neu auf und verbrennt lebhaft. Die Kerze, die sonst mit trübem Licht brennt, strahlt hier in hellem Glanz. Wir sehen also, daß nur der zweite Bestandteil der Luft die Verbrennung unterhält. Diesen nennen wir Sauerstoff.

Mittlerweile ist der Versuch, den wir vorhin in Gang gesetzt haben, abgelaufen. Wir sehen, wie die Nebel, die von der Verbrennung des Phosphors stammen, beginnen, sich niederzuschlagen, und wie das gefärbte Wasser in der Glocke hochsteigt. Bei genauer Betrachtung erkennen wir, daß von dem ursprünglichen Raum, den die Luft erfüllt hat, durch die Verbrennung etwa ein Fünftel verschwunden ist (siehe Abb. 1). Der Verbrennungsvorgang hat uns also den Sauerstoff, den wir im vorigen Versuch als denjenigen erkannt haben, der die Verbrennung unterhält, aus der Luft beseitigt und mit dem verbrannten Phosphor zusammen in feste Form übergeführt.

Wir sehen so, daß vier Fünftel der Luft, die die Verbrennung nicht unterhalten, Stickstoff sind, während der Teil, der die Verbrennung unterhält, der Sauerstoff, nur ein Fünftel ausmacht. Die genaueren Zahlen der Zusammensetzung der Luft sind in Raumteilen 21% Sauerstoff und 79% Stickstoff. Wir dürfen aber nicht glauben, daß der Stickstoffgehalt der Luft bei der Verbrennung ein unnötiger Ballast sei. Wir erinnern uns an Schillers Wort: »Wohltätig ist des Feuers Macht, wenn sie der Mensch bezähmt, bewacht.« Gerade diese Bezähmung, die Beherrschung des Feuers, die die Grundlage der praktischen Anwendung der Verbrennungsvorgänge ist, gelingt, weil der Stickstoff in der Luft die Wirkungen des Sauerstoffs mäßigt, denen nur wenig Materialien standhielten. Wäre die Atmosphäre, die uns umgibt, mit reinem Sauerstoff erfüllt, so wäre es nicht möglich, die üblichen Feuerungen zu benutzen. Unsere Feuerungsbaustoffe würden teils, wie das Eisen und andere Metalle, im Sauerstoff selbst verbrennen, teils in der entstehenden hohen Temperatur zusammenschmelzen.

In den beiden Bestandteilen der Luft, dem Stickstoff und dem Sauerstoff, haben wir gleichzeitig Vertreter der sog. »Grundstoffe«, der »Elemente« der Chemie kennen gelernt. Diese Grundstoffe werden so bezeichnet,

[1]) z. B. durch Verflüssigung der Luft und Abdunsten des flüchtigeren Teils.