

Über den
Verbrennungsprocess.

Von

Dr. Max Bamberger,

Privatdocent an der k. k. technischen Hochschule in Wien.

Vortrag, gehalten den 7. Februar 1894.

(Mit Demonstrationen.)

Mit 9 Abbildungen im Texte.

Seit Jahren werden an dieser Stelle die wissenschaftlichen Errungenschaften besprochen, welche wir dem hingebungsvollen Fleiße so mancher Forscher verdanken, und daher hält es zuweilen schwer, einen neuen, passenden Stoff zu finden, sodass wir uns den Worten Mephistos anschließen können, der sich das Reich der Flamme vorbehalten hat:

Der Luft, dem Wasser wie der Erden
Entwinden tausend Keime sich,
Im Trock'nen, Feuchten, Warmen, Kalten!
Hätt' ich mir nicht die Flamme vorbehalten,
Ich hätte nichts Aparts für mich.

Bei der Besprechung des Verbrennungsprocesses kann ich mir es nicht versagen, eines Mannes zu gedenken, der so Grundlegendes zur Erklärung dieses wichtigen Processes beigetragen hat. Lavoisier, der berühmte französische Chemiker (1743—1794), war es, der eine neue Epoche der chemischen Forschung inaugurierte. Lavoisier zeigte, dass die Wage das wichtigste Instrument der chemischen Forschung ist, und er war der erste, welcher bestimmt aussprach, dass die Materie unzerstörbar ist.

Die Entdeckung des Sauerstoffes, welche Lavoisier für sich in Anspruch nimmt, muss ihm wohl abgesprochen werden, denn dieses Verdienst gebürt nach genauer historischer Forschung dem Engländer Priestley, allein Lavoisiers weiter Blick verstand es, die Resultate Priestleys zu einer Verbrennungstheorie zu verwenden, welche er in den Jahren 1775 und 1783 der Akademie vorlegte, und in welcher er die Veränderung, welche Kohle, Schwefel, Phosphor und die Metalle bei der Verbrennung erleiden, dahin erklärte, dass sich obgenannte Stoffe mit Sauerstoff verbänden.

In drei Monaten werden es hundert Jahre, dass Lavoisier — nebenbei bemerkt — einer der Generalpächter des französischen Reiches, der Revolution zum Opfer fiel, und wenn ihm auch der Vorwurf gemacht werden muss, dass er es versuchte, ihm bekannt gewordene Entdeckungen als von ihm selbständig gemachte auszugeben, so muss Lavoisier doch als einer der Mitbegründer der wissenschaftlichen Chemie angesehen werden.

Jeder von uns leitet wohl tagtäglich zu wiederholtenmalen Verbrennungsprocesse ein, indem er ein Zündhölzchen, eine Kerze, eine Lampe oder im Ofen Holz und Kohle anzündet. Es mag nun angezeigt sein, durch aufmerksames Betrachten der bei diesen Processen sich abspielenden chemischen Vorgänge die wichtigsten Grundgesetze der Verbrennung abzuleiten.

Der berühmte englische Naturforscher Michael Faraday hat in einem Cyklus von sechs Vorlesungen:

„Die Naturgeschichte einer Kerze“¹⁾ die Gesetze der Verbrennung an der Hand einer Kerze in außerordentlich klarer Weise geschildert; ich erlaube mir nun, diesem Beispiele folgend, das Wichtigste über die Verbrennung an einer brennenden Kerze zu erläutern.

Das Material einer Kerze, mag es nun Unschlitt, Stearin, Paraffin oder Wachs sein, verschwindet beim Brennen nach und nach, und zuletzt ist nichts mehr vorhanden, Docht und in unserem Falle das Stearin sind fort. Es braucht nun bei der Kerze immerhin längere Zeit, bis das Material derselben verschwunden ist; es gibt übrigens Körper, bei denen dies viel rascher geschieht, z. B. ich lege etwas Schießbaumwolle auf meine Hand und zünde dieselbe an; Sie sehen, dass die Wolle fast momentan verbrennt, so rasch, dass die Hand nicht im geringsten verletzt wird.

Wir müssen suchen, auf andere Weise als durch unsere Augen allein über das Verbleiben der Kerze etwas zu erfahren, wir müssen einen Versuch anstellen.

Ich befestige eine brennende Kerze auf einem Kork, der auf dem Wasser schwimmt, und stülpe nun eine Glasglocke darüber, deren obere Öffnung ich verschließe. Die Kerze wird nach ganz kurzer Zeit erlöschen. Prüfen wir nun die in der Glocke vorhandene Luft dadurch, dass wir in dieselbe ein wenig klares Kalkwasser gießen, so wird dieses im Augenblick trüb. In einem anderen Gefäße, in dem keine Kerze gebrannt

¹⁾ Berlin 1871, erschienen bei Robert Oppenheim.

hat, tritt diese Erscheinung nicht ein. Hieraus ersehen Sie, dass die Luft durch das Brennen der Kerze in irgend einer Weise verändert wurde. Um über diese Veränderung Aufschluss zu erhalten, müssen wir den im Kalkwasser entstandenen weißen Niederschlag einer näheren Untersuchung unterziehen. Die Analyse dieser Trübung hat nun ergeben, dass sie dieselbe Zusammensetzung wie die Kreide hat, und Kreide besteht aus gebranntem Kalk und Kohlensäure. Letztere ist wie die Luft ein farbloses, durchsichtiges Gas, welches wir nicht sehen, welches aber, wie wir gefunden haben, Kalkwasser trübt und eine brennende Kerze auslöscht. (Ich habe hier einen mit Kohlensäure gefüllten Cylinder; gieße ich etwas von diesem Gas aus dem Cylinder über eine brennende Kerze, so erlischt diese sofort.) Ein Theil des Stearins ist also durch die Verbrennung in Kohlensäuregas verwandelt worden, d. h. die Kohle des verbrannten Stearins findet sich in dem Gase wieder.

Außer der Kohlensäure wird beim Brennen einer Kerze noch ein anderer Körper gebildet. Hält man ein trockenes kaltes Glas über die Flamme, so sehen Sie, dass sich dasselbe beschlägt, und dieser Beschlag ist nichts anderes als Wasser.

Wir haben also gesehen, dass beim Brennen das Material der Kerze nicht vernichtet wurde oder verloren gieng, sondern dass es nur seine Beschaffenheit gewechselt hat. Ich will nun diese Thatsachen noch durch ein anderes Experiment, und zwar in quanti-

tativer Weise erhärten. Ich habe hier eine Wage. Auf der einen Wagschale befindet sich ein glockenartiger Apparat, der tariert ist. Dieser Apparat besteht nun aus einem weiten Glasrohre, in dem sich mittels eines Korkes befestigt eine Kerze befindet. An diesen Cylinder schließen sich nun Röhren, welche den Zweck haben, die Verbrennungsproducte der Kerze aufzunehmen; so ist z. B. die erste Röhre leer, die zweite mit Kalkwasser, die dritte mit Chlorcalcium (ein die Feuchtigkeit sehr begierig aufnehmender Körper) gefüllt. Damit nun die Kerze einige Zeit brenne, muss in dem ganzen Apparate ein Luftzug erhalten werden, welchen ich durch einen Aspirator hervorrufe. Nachdem wir nun den Apparat etwa durch drei Minuten in Thätigkeit hatten, wollen wir die arretierte Wage wieder auslösen und sehen nun, dass sich die Wagschale, auf der sich die Glocke befindet, bedeutend nach abwärts bewegt. Wir können diese Erscheinung nur so erklären, dass sich in der Luft ein Körper befindet, der sich mit dem Kerzenmaterial verbunden hat, dass also nicht nur nichts verloren gieng, sondern dass noch eine Zunahme des Gewichtes zu verzeichnen ist, welche dem Gewichte des zur Verbrennung nöthigen Sauerstoffes entspricht.

Man darf hier fragen: Ist Sauerstoff das einzige Gas, worin brennbare Stoffe verbrennen können, oder besitzen diese Eigenschaft auch noch andere Körper? Das Experiment hat diese Frage längst beantwortet.

Man kennt z. B. in dem Element Chlor ein grünlichgelbes Gas, welches mit dem Metall Natrium das Kochsalz zusammensetzt. Leitet man Chlor durch eine Röhre, in der sich Natrium befindet, und erhitzt letzteres, so verbinden sich die beiden Elemente unter glänzender Feuererscheinung.

Dieses eine Experiment beweist, was zudem durch hundert andere bestätigt ist, dass auch andere Stoffe ebenso wie der Sauerstoff die Verbrennung brennbarer Körper zu unterhalten vermögen. Wir nennen nun Verbrennung jede chemische Verbindung zweier oder mehrerer Grundstoffe, welche mit so viel Kraft, mit so viel Energie erfolgt, dass dabei Licht und Wärme frei werden.

Die Verbrennung, speciell die von Holz, gehört zu den Naturerscheinungen, welche am frühesten wahrgenommen wurden. Der Mensch hat Jahrtausende diesen Process beobachtet, und erst Priestley und Lavoisier ist es gelungen, Licht in den Verbrennungsprocess zu bringen.

Wenn irgend etwas geeignet ist, darzuthun, dass das Philosophieren über Naturerscheinungen ohne experimentelle Grundlage und ohne die Controle des Versuches ein eitles Unternehmen und unnütz verwendete Kraft ist, so lehrt uns das die Geschichte der Lehren vom Verbrennungsprocesse.

Die Entdeckung des Sauerstoffes hat einen totalen Umschwung in der Chemie hervorgebracht. Justus Liebig sagt darüber in seinen Briefen:

„Seit der Entdeckung des Sauerstoffes hat die civilisierte Welt eine Umwälzung in Sitten und Gewohnheiten erfahren. Die Kenntnis der Zusammensetzung der Atmosphäre, der festen Erdrinde, des Wassers, ihr Einfluss auf das Leben der Pflanzen und Thiere knüpfen sich an diese Entdeckung. Der vortheilhafte Betrieb zahlloser Fabriken und Gewerbe, die Gewinnung von Metallen steht damit in der engsten Verbindung. Man kann sagen, dass der materielle Wohlstand der Staaten um das Mehrfache dadurch seit jener Zeit erhöht worden ist, dass das Vermögen jedes Einzelnen damit zugenommen hat.“

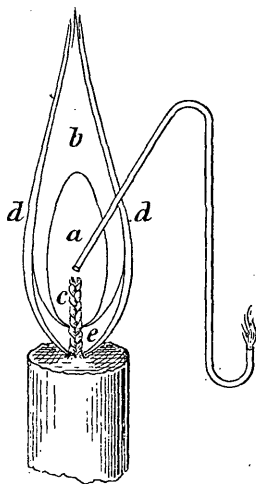


Fig. 1.

Betrachten wir einmal recht genau die Kerzenflamme (Fig. 1), so werden wir einen dunklen Theil *a* in derselben wahrnehmen, dann einen hell leuchtenden *b*, der von einem blauen Saume *d* umgeben ist. (Ich zeige Ihnen ein von einem Künstler [Sattler] angefertigtes Bild einer Kerzenflamme.) Wollen wir nun auf die Besprechung der einzelnen Theile¹⁾

¹⁾ Smithells nimmt für eine leuchtende Flamme folgende Theile an: 1. Einen äußeren Mantel mit 2. einem

der Flamme eingehen: Ich will das Ende einer gebogenen Platinröhre in den dunklen Theil *a* der Flamme bringen; man wird nach kurzer Zeit aus dem anderen Ende Dämpfe aufsteigen sehen, die sich entzünden lassen, und wir haben nun genau die Flamme einer Kerze an einer von derselben entfernten Stelle erhalten. Ich kann diesen Versuch in noch viel einfacherer Weise anstellen. Zünde ich eine gewöhnliche Talgkerze an und lösche dieselbe dann aus, so kann ich die entstandenen weißen Dämpfe durch eine von oben genäherte Flamme entzünden, wobei sich die Entzündung auf den Docht der Kerze selbst wieder fortpflanzt.

Man sieht nun, dass der Process in zwei deutlich verschiedenen Phasen vor sich geht: die eine besteht in der Production des Dampfes, die andere in der Verbrennung desselben. Wenn ich die Platinröhre z. B. in den oberen Theil der Flamme hebe, so erhalte ich keine brennbaren Dämpfe mehr. Der Verbrennungsvorgang in einer Stearinkerze wird demnach in folgender Weise aufzufassen sein: Durch das An-

inneren hellblauen, an der Basis der Flamme sichtbaren Theile. Beide Theile entsprechen dem äußeren und inneren Flammenconus einer Bunsenflamme und bezeichnen die Region, wo das Kohlendgas oder Kerzengas mit einer großen Menge Luft verbrennt. 3. Den gelben leuchtenden Theil, wo durch die Hitze von 1. und 2. die Kohlenwasserstoffe unter Freiwerden von Kohlenstoff zersetzt werden, der dann schnell erglüht und verbrennt. 4. Den dunklen inneren Theil, welcher aus unverbranntem Gas besteht, gemischt mit den Verbrennungsproducten der umgebenden Theile.

zünden des Dochtes und durch dessen Verbrennung wird soviel Wärme entwickelt, dass die den Docht umgebende Stearinmasse schmilzt. Die flüssige Masse wird von dem Dochte aufgesaugt und kommt in die Nähe der Stelle, an der der Docht brennt. Es wird nun durch die hohe Temperatur die Stearinmasse zum Theile unverändert verdampft, zum Theile wird sie zersetzt, wobei sich gasförmige Zersetzungsproducte bilden. Dieses Gemisch kommt dann zur Verbrennung und veranlasst das Entstehen einer Flamme.

Nachdem wir gesehen haben, dass der Sauerstoff für die Verbrennung nöthig ist, wollen wir nun die Verbrennung einiger Körper in reinem Sauerstoffgas studieren. Die Verbrennungerscheinungen erfolgen in diesem viel lebhafter als in der Luft, da in letzterer der Sauerstoff mit dem vierfachen Volumen Stickstoff vermennt ist und letzterer ein ziemlich indifferenten Körper ist. So entflammt ein glimmender Holzspan, wenn er in eine mit Sauerstoff gefüllte Flasche getaucht wird, Schwefel brennt mit blauer Flamme, Phosphor mit höchst intensivem Licht, Kohle glüht stark, Eisen verbrennt unter lebhaftem Funkensprühen.

Sie haben nun bemerkt, dass bei diesen Verbrennungen in reinem Sauerstoffe in einzelnen Fällen Flammerscheinung auftrat; so sahen wir beim Verbrennen des Holzspans, des Schwefels und Phosphors Flammen, bei Verbrennung der Kohle und des Eisens fehlten diese. Der Grund dieser Verschiedenheit liegt in dem verschiedenen Aggregatzustande der Körper in

dem Augenblicke, wo sie zur Verbrennung gelangen. Sind die verbrennenden Körper gasförmig, so entsteht eine Flamme, sind sie fest, so ist nur ein Verglühen zu beobachten. Der Schwefel und Phosphor verdampften zuerst, es brannte also deren Dampf, Eisen und Kohle verdampften dagegen vor der Verbrennung nicht. Eine Flamme ist daher als ein glühendes Gas zu betrachten.

Das Leuchtvermögen einer durch den Verbrennungsprocess erzeugten Lichtquelle ist im allgemeinen von der Natur des betreffenden Gases und von der Temperatur desselben abhängig. Davy stellte zuerst die auch jetzt noch richtige Ansicht auf, dass das Leuchten einer gewöhnlichen Gasflamme davon herrühre, dass sich in derselben fein vertheilter Kohlenstoff befinde, der durch die Flammentemperatur zum Glühen erhitzt sei. Es ist nun leicht erklärlich, dass das Grubengas CH_4 viel weniger leuchtend brennt als Äthylen C_2H_4 , da ersteres Gas nur halb soviel Kohlenstoff enthält als letzteres. Bei einer Kerzenflamme (Fig. 1) ist deshalb die äußere Hülle *d* nicht leuchtend, weil hier der Sauerstoff, von allen Seiten zutretend, den Kohlenstoff vollständig zu der gasförmigen Kohlensäure verbrennt. In der Zone *b* ist zu wenig Sauerstoff enthalten, um eine vollständige Verbrennung des Kohlenstoffes zu bewirken, es kann aber der ausgeschiedene Kohlenstoff noch genügend erhitzt werden, wodurch das Leuchten eintritt. Ich kann Ihnen die Anwesenheit des Kohlenstoffes noch durch folgenden Versuch zeigen. Ich halte eine Porzellanschale in die

Kerzenflamme, es wird sich an derselben eine reichliche Rußabscheidung zeigen.

Wir hatten früher gesehen, dass beim Verbrennen von Phosphor, Eisen, Magnesium sehr intensives Licht entsteht; es sind die Verbrennungsproducte dieser Elemente feste Körper, die durch die bei der Verbrennung entwickelte Wärme zu lebhaftem Glühen angeregt werden und durch ihr starkes Lichtausstrahlungsvermögen die bedeutende Lichtwirkung hervorbringen. Nehmen wir eine heiße, nicht leuchtende Flamme, z. B. die Wasserstofflamme, so können wir dieselbe einfach dadurch leuchtend machen, dass wir in dieselbe einen festen Körper einführen, der beim Erhitzen nicht verdampft. Ich halte hier ein Platinkörbchen in die Wasserstofflamme, die Flamme wird dadurch stark leuchtend. Man hat sogar diese Methode einmal in einer französischen Stadt (Narbonne) zur allgemeinen Straßenbeleuchtung verwendet. Ein glänzendes weißes Licht, das sogenannte Drummond'sche Licht, erhält man durch Einführung von gebranntem Kalk in eine Knallgaslamme. Diese wird durch Verbrennen von Wasserstoffgas in Sauerstoffgas hergestellt, ist sehr heiß, leuchtet aber gar nicht. In diese Flamme halte ich nun einen Platindraht; Sie sehen, dass derselbe leicht schmilzt, und eine Stricknadel verbrennt unter heftigem Funken-sprühen. Leitet man nun diese Flamme auf einen Kreidecylinder, oder wie in unserem Falle hier auf ein Zirkonplättchen, so sehen Sie, dass letzteres ein sehr intensives, für das Auge unerträglich helles Licht ausstrahlt.

Das Auer'sche¹⁾ Gasglühlicht, das schon eine ganz bedeutende Anwendung zur Beleuchtung gefunden hat, beruht auch auf der Einführung eines festen Körpers in eine nichtleuchtende Gasflamme. Ich habe hier einen sogenannten Bunsenbrenner. Derselbe gestattet, eine nichtleuchtende Gasflamme zu erzeugen. In dieselbe halte ich nun einen Cylinder, der aus verschiedenen seltenen Erden hergestellt ist, und wir bemerken nun, dass die Gasflamme ein sehr schönes, intensiv weißes Licht ausstrahlt. Diese Beleuchtungsmethode hat außer der viel größeren Lichtintensität noch den großen Vorzug einer fast 50%igen Gasersparnis.

Wenn es nun auch unzweifelhaft ist, dass die Gegenwart eines festen Körpers eine nichtleuchtende Flamme zum Leuchten bringt, so gibt es doch Fälle, wo Flammen glänzendes Licht ausgeben können, ohne dass darin feste Körper enthalten sind. Frankland fand, dass, wenn man Wasserstoff mit Sauerstoff unter einem Drucke von 20 Atmosphären verbrennt, man eine hell leuchtende Flamme erhält. Frankland und Tyndall²⁾ stellten auch noch folgenden höchst in-

¹⁾ Für das Auer'sche Gasglühlicht ist das Leuchtgas nicht unumgänglich nothwendig, man könnte ebensogut Wasserstoff nehmen. Sehr gut eignet sich auch dafür das sogenannte Wassergas, ein Gas, das durch Überleiten von Wasserdampf über glühende Kohle hergestellt wird und hauptsächlich aus Kohlenoxyd und Wasserstoff besteht.
 $H_2O + C = CO + H_2$.

²⁾ Proceedings Roy. Society 11, 137.

teressanten Versuch an. Bei einer Besteigung des Montblanc, welche beide Forscher 1859 unternahmen, ließen dieselben fünf Stearinkerzen zunächst in Chamounix eine bestimmte Zeit brennen, wobei in einer Stunde durchschnittlich 9·4 g verbrannt wurden. Als dann dieselben Kerzen auf dem Gipfel des Montblanc an einer vor Luftzug geschützten Stelle entzündet wurden, wurden stündlich 9·2 g Stearin verbrannt, also so gut wie eine gleiche Menge. Das Aussehen der Flamme erwies sich aber an beiden Orten gänzlich verschieden. Auf dem Gipfel des Montblanc vergrößerte sich die unterste, der Kerze zugekehrte blaue Zone der Flamme ganz erheblich, während die leuchtende Zone bedeutend verkleinert wurde und die Flamme infolge dessen an Leuchtkraft verlor.

Um die Größe des unter dem Einflusse des verringerten Luftdruckes eintretenden Lichtverlustes zu bestimmen, ließ Frankland später Leuchtgasflammen in mit verdünnter Luft erfüllten Behältern brennen und ermittelte deren Leuchtkraft. Bezeichnet man die Leuchtkraft der unter Atmosphärendruck brennenden Flamme mit 100, so ergeben sich bei verringertem Drucke folgende Verhältnisse:

| Luftdruck | Leuchtkraft |
|------------------|-------------|
| 756 mm | 100 |
| 629 " | 75 |
| 502 " | 52·9 |
| 368 " | 20·2 |

| Luftdruck | Leuchtkraft |
|-------------------------|-------------|
| 267 <i>mm</i> | 5·4 |
| 165 " | 0·9 |
| 765 " | 100 |
| 740 " | 95 |
| 714 " | 89·7 |
| 689 " | 84·4 |

Hieraus ergibt sich, dass für eine Verminderung des Luftdruckes um 25 *mm* fast genau ein Lichtverlust von 5 % eintritt.

Frankland glaubt nun, dass jeder Einfluss, welcher eine raschere Durchdringung der Flammengase und der umgebenden Luft begünstigt, die Menge der abgeschiedenen Kohlentheilchen und damit auch die Leuchtkraft verringere. Luftverdünnung übt diesen Einfluss aus, indem dadurch die Beweglichkeit der Gasmoleküle gesteigert wird, wodurch eine größere Menge von Sauerstoff in die Flammenzone geführt wird, in welcher die Anwesenheit von Kohlentheilchen das Leuchten bedingt. Die Untersuchung der Verbrennungsproducte einer Kerze, welche unter einem Drucke von nur 203 *mm* brannte, ergab eine vollständige Verbrennung bei diesem geringen Drucke.

Flammen, welche sicher ihre Leuchtkraft dem Vorhandensein fein vertheilter fester Stoffe verdanken, wie die Magnesium- oder Zinkflamme, werfen im Sonnenlichte einen charakteristischen Schatten. Aus glühenden Gasen und Dämpfen bestehende Leucht-

flammen liefern keinen Schatten, sondern nur durch Lichtbrechung veranlasste hellere und dunklere Bänder. Leuchtende Kohlenwasserstoffflammen werfen im Sonnenlichte einen scharf markierten Schatten, woraus hervorgeht, dass diese Flammen einen festen Körper in feiner Zertheilung enthalten, welcher der Natur der Sache nach nur Kohlenstoff sein kann.

Nachdem wir uns über die Vorgänge beim Verbrennen einer Kerze informiert haben, erscheint es zweckmäßig, auch noch die Leuchtgasflamme in Betracht zu ziehen. Das Leuchtgas wird durch trockene Destillation (Erhitzen bei Luftabschluss) von Steinkohle oder Holz hergestellt und besteht im wesentlichen aus Wasserstoffgas, Sumpf- oder Grubengas, Kohlenoxydgas und Äthylen oder ölbildendem Gas. Wasserstoff, Grubengas und Kohlenoxyd verbrennen mit fast nicht leuchtender Flamme, das Äthylen verbrennt mit leuchtender Flamme, wie schon früher erwähnt. Mischt man Leuchtgas, bevor es entzündet wird, in entsprechendem Verhältnisse mit Luft, so ist die Flamme nicht leuchtend. Ich kann Ihnen dieses mit folgendem Apparate (Fig. 2) zeigen. *b* ist eine Glasröhre, die an einem Ende zu einer feinen Öffnung ausgezogen ist. Ich stülpe nun über diese Röhre eine weitere *a*, sodass diese auf der ersteren fest aufsitzt.



Fig. 2.

Leite ich nun Leuchtgas durch die Röhre *b*, so brennt dasselbe an der Mündung von *a* mit stark leuchtender Flamme. Hebe ich nun die Röhre *a* etwas, so wird die Flamme immer mehr entleuchtet, bis bei einem gewissen Stande von *a* vollständige Entleuchtung eingetreten ist. Dieser einfache Apparat soll das Princip des Bunsen'schen Brenners demonstrieren. Der Bunsen'sche Brenner, den Sie hier in mancherlei Formen sehen, liefert eine schwach bläuliche, fast nicht leuchtende Flamme von bedeutender Temperatur. Die Mischung des Leuchtgases mit der Luft wird dadurch erreicht, dass man das Leuchtgas aus einer am Fuße des Brenners befindlichen feinen Öffnung in ein weiteres Rohr strömen lässt, an dessen unterem Ende mehrere Öffnungen zum Einströmen der Luft angebracht sind. Die durch diese Öffnungen einströmende Luft mischt sich in dem Brennerrohre mit dem Leuchtgas, und das Gemenge beider Gase brennt dann an der Mündung des weiteren Rohres angezündet mit nicht leuchtender Flamme. Die Bunsen'schen Brenner dienen in den Laboratorien und in den Haushaltungen als sehr bequeme Heizapparate.

In dem Bunsen'schen Brenner brennt das Leuchtgas, wie erwähnt, mit nicht leuchtender Flamme und ohne an einem hineingehaltenen Gegenstande Ruß abzuschneiden. Man erklärte sich früher diese Erscheinung einfach dadurch, dass ein Gemenge von Luft und Leuchtgas genügend Sauerstoff zur vollständigen Verbrennung des Kohlenstoffes besitze. Nun zeigte aber Knapp,

dass nicht bloß Luft das Leuchtgas entleuchtet, sondern dass dies auch ganz indifferente Gase, wie Kohlensäure und Stickstoff, bewirken. Wibel zeigte dann auch, dass eine solche durch Luft, Kohlensäure oder Stickstoff entleuchtete Flamme wieder leuchtend wird, wenn man die Brennröhre, aus welcher die Ausströmung

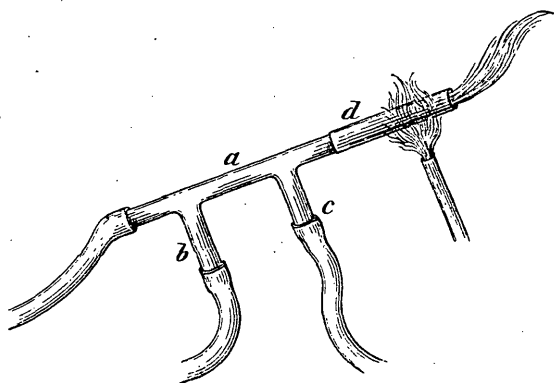
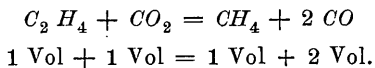


Fig. 3.

erfolgt, zum Glühen erhitzt. Ich kann Ihnen diese Phänomene mit folgendem von Heumann ausgedachten Apparate zeigen. Der Apparat Fig. 3 besteht aus einem Glasrohre *a* mit zwei seitlichen Öffnungen. An das Rohr *a* ist eine weitere Platinröhre *d* befestigt. Leitet man nun durch *a* soviel Leuchtgas, dass bei richtiger Stellung des Gashahnes eine etwa 5 cm hohe Gasflamme entsteht, durch *b* hingegen Kohlensäuregas, so

wird die leuchtende Gasflamme vollständig entleuchtet. Erhitzt man nun das Ende der Platinröhre bis zur Rothglut oder bläst durch das Rohr *c* etwas Luft, so erhält man wieder eine leuchtende Flamme.

Zur Erklärung dieser Erscheinungen kann man annehmen, dass infolge des Zuleitens von Kohlensäure oder Luft eine Verdünnung des Leuchtgases eintritt. Infolge dieser Verdünnung sind in gleichen Räumen weniger brennbare Theilchen vorhanden, und der Sauerstoff der Luft kann leichter zu, ferner ist die Temperatur erniedrigt und erreicht wahrscheinlich nicht die Zersetzungstemperatur des Äthylens. Auch kann die Kohlensäure durch die in der Flamme vorhandene glühende Kohle zu Kohlenoxyd reducirt werden $CO_2 + C = 2 CO$. In der That genügen wenige Procente Kohlensäure im Leuchtgas, um die Leuchtkraft beträchtlich herunterzusetzen.



Heumann, der sehr ausgedehnte Untersuchungen über die Theorie der leuchtenden Flammen ausgeführt hat, zeigt, dass im allgemeinen auf drei verschiedene Arten Entleuchtung bewirkt werden kann: 1. durch Abkühlung, 2. durch Verdünnung, 3. durch Oxydation, d. h. energische Zerstörung der leuchtenden Materie. Bei der Flamme des Bunsen'schen Brenners sind wahrscheinlich alle drei Entleuchtungsursachen thätig. Zur Erklärung der Entleuchtung durch Ab-

kühlung und Verdünnung nimmt Heumann an, dass zur Abscheidung des Kohlenstoffes eine gewisse hohe Temperatur der Flamme nöthig ist; wird diese Temperatur durch Anwendung irgendwelcher Mittel nicht erreicht, so findet in der Flamme keine Ausscheidung von Kohlenstoff statt. Wird also bei unserem früheren Versuche die Platinröhre erhitzt, so wird durch diese Temperaturzunahme die Ausscheidung des Kohlenstoffes bewirkt und die Flamme wieder leuchtend. Dasselbe Phänomen muss eintreten, wenn man, statt das Platinrohr zu erhitzen etwas Luft durch das Rohr *c* bläst. Durch die so bewirkte Erhöhung der Flammentemperatur wird wieder ein Leuchten der Flamme erzielt. Bei der Entleuchtung des Leuchtgases durch Luft ist der Sauerstoffgehalt derselben nebensächlich da reiner Stickstoff, wie ja früher erwähnt, denselben Effect gibt und gerade reiner Sauerstoff sehr schwierig Entleuchtung bewirkt; es ist also der Sauerstoff eher als nachtheilig für die Entleuchtung anzusehen.

Die Entleuchtung durch indifferente Gase macht sich dem bloßen Auge auf ganz andere Weise wahrnehmbar als die Entleuchtung durch Luft. Während die Flamme bei letzterer Entleuchtungsweise verkürzt, von gedrungener Gestalt erscheint, wird die Flamme bei Zumischung von reinem Stickstoff, Kohlensäure lang gestreckt und dünn. Ein weiterer Unterschied der durch Luft und der durch indifferente Gase entleuchteten Flamme besteht darin, dass letztere eine weit niedrigere Temperatur als jene besitzt.

Die Menge von Gasen, welche zur Entleuchtung der Flamme eines Bunsenbrenners erforderlich ist, hängt selbstverständlich von der Beschaffenheit des Leuchtgases ab. Nach Ermittlungen von Lewis und von Stein beträgt sie für gewöhnliches Leuchtgas beim Bunsenbrenner:

| | | nach Lewis | |
|----------------|-----------|------------|-----------------|
| für 1 Vol. Gas | | 0·5 | Vol. Sauerstoff |
| " 1 " " | | 1·26 | " Kohlensäure |
| " 1 " " | | 2·27 | " Luft |
| " 1 " " | | 2·30 | " Stickstoff |
| " 1 " " | | 5·11 | " Kohlenoxyd |
| " 1 " " | | 12·4 | " Wasserstoff. |

Setzt man die Menge der Luft = 100, so ergeben sich folgende Verhältnisse:

| | | |
|-------------|-----------|-----|
| Luft | | 100 |
| Stickstoff | | 101 |
| Kohlensäure | | 55 |
| Kohlenoxyd | | 225 |

Der Sauerstoff wird gewöhnlich als Erhalter der Verbrennung bezeichnet, und die Körper, welche sich damit vereinigen, nennt man verbrennlich. Dieser Begriff ist aber nur relativ richtig, denn da z. B. die Verbrennung des Wasserstoffes im Sauerstoff eine mit Licht- und Wärmeentwicklung verbundene chemische Vereinigung der beiden Gase ist, so muss es gleichgiltig

sein, welches von ihnen die Atmosphäre bildet, und welches das in geringerer Menge in jene einströmende Gas ist. Da die eigentliche Verbrennung nur an der Grenze von Luft und entwickeltem Gase stattfindet, so lässt sich natürlich ebensogut behaupten, dass die Luft, wie dass das Gas brennt. Solche Verbrennungserscheinungen nennt man, im Gegensatz zu der gewöhnlichen Art, umgekehrte Verbrennungen.

Gesetzt, unser Erdball wäre statt mit atmosphärischer Luft mit einer Wasserstoffatmosphäre umgeben und die Erdbewohner bedürften zu ihrer Existenz des Wasserstoffes, so wie wir des Sauerstoffes benötigen, so würde letzterer, wenn er in diese Atmosphäre von Wasserstoff einströme und durch irgend ein Mittel erhitzt würde, ebenso mit Flamme brennen wie der Wasserstoff in Sauerstoff.

Ich kann Ihnen diese Umkehrung der Flammen sehr anschaulich mit folgendem Apparate Fig. 4 zeigen. Ein gewöhnlicher Lampencylinder ist an seinem un-

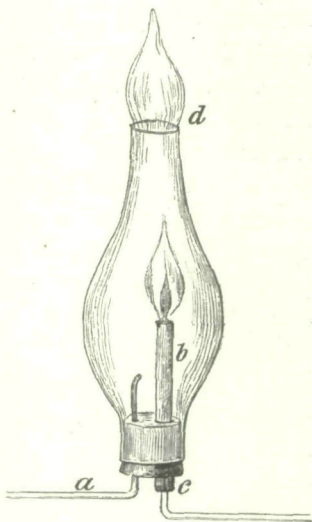


Fig. 4.

teren Ende mittels eines Korkes, durch den zwei Röhren führen, verschließbar. Durch die Glasröhre *a* strömt in den Cylinder das Leuchtgas ein. Die andere oben und unten offene Röhre *b* dient dazu, die Luft eintreten zu lassen. Man verschließt nun die obere Mündung des Cylinders mit einem Korne und lässt das Gas in den Cylinder eintreten und entzündet dasselbe bei *c*. Ich entferne nun den oberen Kork, worauf sofort die Gasflamme in der Röhre *b* aufsteigt und als Luftflamme im Inneren des Cylinders weiter brennt. Das bei *d* austretende überschüssige Leuchtgas ist daselbst zu entzünden; es brennt schwach leuchtend, weil ihm die Verbrennungsproducte der inneren Flamme beigemischt sind. Der Apparat zeigt somit im Inneren des Cylinders die Flamme der in der Leuchtgasatmosphäre brennenden Luft, darüber aber bei *d* brennt das Leuchtgas im Sauerstoff der Luft. Schiebt man während des Brennens der Luftflamme unten durch das weitere Rohr *b* eine 2 *mm* weite Glasröhre, an der ein kleines Flämmchen brennt, so brennt dieses ruhig in der Luftflamme weiter, während es verlöscht, wenn es in die Leuchtgasatmosphäre kommt.

Die Temperatur, zu der ein Körper erhitzt werden muss, um in der Luft oder im Sauerstoff zu verbrennen, ist für verschiedene Körper sehr verschieden. Es gibt Körper, die schon bei gewöhnlicher Zimmertemperatur sich entzünden, wenn sie an die Luft kommen, weshalb sie unter Abschluss der Luft aufbewahrt werden müssen. Ich habe in einem Fläsch-

chen etwas Zinkäthyl, nehme mit einer Glasröhre eine geringe Menge desselben heraus und lasse es auf eine Porzellantasse fallen. Im Momente, wo die Flüssigkeit mit der Luft in Berührung kommt, entzündet sie sich unter Entbindung eines starken weißen Nebels, welcher nichts anderes als Zinkoxyd ist. Es gibt nun, wie Sie wissen, auch Körper, welche auf eine hohe Temperatur erhitzt werden müssen, damit sie sich entzünden lassen, z. B. Steinkohlen, Coaks. Phosphor leuchtet im Dunklen, da er schon unter 10^0 eine langsame Verbrennung erleidet; damit er mit Flamme verbrenne, muss er auf 60^0 erhitzt werden.

Ein Gemisch brennbarer Gase braucht eine bestimmte Temperatur, bei der es sich entzündet. Ich kann Ihnen diese Thatsache durch folgenden einfachen Versuch zeigen.

Ich habe hier ein engmaschiges Eisendrahtnetz, halte dasselbe über einen Bunsen'schen Brenner und entzünde das ausströmende Gas oberhalb des Netzes. Man kann dann das Netz ziemlich weit über die Öffnung des Brenners halten, ohne dass die Flamme durch das Drahtnetz schlägt und das darunter befindliche Gas entzündet. Die Drähte leiten die Wärme so schnell hinweg, dass das auf der unteren Seite des Netzes befindliche Gas unter seiner Entzündungstemperatur bleibt.

Ich habe hier noch vier Drahtnetze, die aneinander befestigt sind. Das erste hat ziemlich weite Maschen, jedes der folgenden hat ein engeres Geflecht.

Stelle ich nun unter die Drahtnetze vier nicht leuchtende Bunsenflammen von gleicher Größe, so wird die Flamme zuerst durch das weitmaschigste Drahtnetz schlagen und dann erst durch die anderen. Sie sehen, dass die Flamme beim vierten Drahtnetze, welches das engmaschigste ist, am längsten braucht, bis sie durchschlägt, da sie hier am stärksten abgekühlt wird.

Auf diesem Principe beruht nun die Davy'sche Sicherheitslampe. Dieselbe besteht aus einem kleinen Öllämpchen, das von einem aus Drahtnetz gebildeten Cylinder umschlossen ist. Durch die Maschen des Gitters können die Verbrennungsgase entweichen. Leite ich z. B. Leuchtgas aus einem Schlauche in die brennende Lampe hinein, so wird sich das Gas wohl im Inneren des Drahtgitters entzünden, die Flamme wird aber nicht durch das Netz schlagen.

Diese Lampe dient hauptsächlich für Arbeiter in Steinkohlenbergwerken, da sich in letzteren häufig Grubengas vorfindet, das mit Luft ein explosives Gemenge bildet.

Das Erlöschen einer Flamme wird außer bei Mangel eines der beiden zur Verbrennung erforderlichen Stoffe auch eintreten, wenn die Flammentemperatur irgendwie unter die Entzündungstemperatur erniedrigt wird, z. B. durch Verdünnen des Brennmaterials mit indifferenten Gasen. Genügender Luftzutritt beschleunigt die Verbrennung, ein allzu kräftiger Luftstrom, z. B. beim Ausblasen der Flamme, wirkt abkühlend.

Nachdem wir uns durch das bereits Gesagte über das Wesen der Flamme unterrichtet haben, mag es angezeigt sein, ein paar Worte über die Flammentemperatur zu erwähnen. Nicht nur Flammen verschiedener Art, sondern die einzelnen Theile derselben Flamme haben eine sehr verschiedene Temperatur. So ist die Temperatur im dunklen Kern der Gasflamme eine sehr niedrige, eine Thatsache, welche man sehr leicht durch einen Versuch zeigen kann. Ich nehme einen gewöhnlichen Argand'schen Brenner, stülpe auf diesen einen Cylinder und lege auf letzteren ein Blättchen Straminpapier, in dessen Mitte sich etwas Schießpulver befindet. Zünde ich nun das Leuchtgas an der Mündung des Cylinders an, so werden Sie sehen, dass es geraume Zeit braucht, bis das Pulver entflammt. Letzteres wird erst stattfinden, wenn ich die Flamme etwas kleiner mache.

Halte ich ein dünnes Holzstäbchen für einen Augenblick vorsichtig in eine Flamme, so werden sich an demselben zwei Stellen angebrannt zeigen, während in der Mitte das Holz unversehrt bleibt, ein Beweis, dass im äußeren Saume der Flamme eine bedeutend höhere Temperatur herrscht.

Bunsen bestimmte die Flammentemperatur einiger Gase und erhielt folgende Ergebnisse:

| | In der Luft: | In Sauerstoff: |
|---------------------|--------------|----------------|
| Wasserstoff | 2024° | 2844° |
| Kohlenoxyd | 1997° | 3003° |

Als Bunsen Wasserstoff mit der erforderlichen Menge von Sauerstoff verbrannte, fand er, dass, wenn die Temperatur dabei auf 2558° — 3033° stieg, nur ein Drittel des vorhandenen Wasserstoffes verbrannte. Als

er aber ein indifferentes Gas in solcher Menge zumischte, dass die Verbrennung zwischen 2471° und 1146° vor sich gieng, verbrannte genau die Hälfte des Wasserstoffes. Um die Gesamtmenge desselben zu verbrennen, muss die Temperatur noch viel niedriger sein. Es wird nämlich durch die rasche Verbrennung eines Theiles des Wasserstoffes eine so hohe Temperatur erzeugt, dass der übrige Theil keine Vereinigung mehr eingehen kann, da die Zersetzungstemperatur der entstehenden Verbindung erreicht ist.

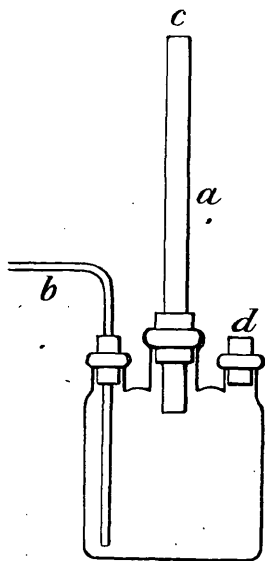


Fig. 5.

Die Wärme, welche bei einer Verbrennung entwickelt wird, kann ihrer Quantität nach bestimmt werden. Man lässt sie zu diesem Zwecke auf kaltes Wasser wirken, oder man verwendet sie, um Wasser zu verdampfen, und schätzt die Menge derselben nach der Menge des Wassers und nach der Temperatur, auf

welche dieses erhitzt wird. Die auftretende Wärme wird in Wärmeeinheiten (Calorien) angegeben, und man versteht unter einer solchen die Menge von Wärme, welche erforderlich ist, um ein Kilogramm Wasser von 0° auf 1° zu erhitzen. Wenn ich z. B. sage, die Verbrennungswärme des Kohlenstoffes ist 8080, so heißt das: bei der Verbrennung von 1 kg Kohlenstoff wird so viel Wärme erzeugt, dass man mit Hilfe derselben im Stande ist, 8080 kg flüssigen Wassers von 0° auf 1° zu erwärmen.

Seit Lavoisier haben sich die Chemiker bestrebt, die Wärmeeinheiten, welche frei werden, wenn sich verschiedene Elemente chemisch vereinigen, genau zu messen.

Die nachstehende Tabelle gibt die Verbrennungswärmen einiger Elemente und Verbindungen.

| | Wärmeeinheiten |
|---------------------------|----------------|
| Wasserstoff | 34.462 |
| Sumpfgas | 13.063 |
| Ölbildendes Gas | 11.957 |
| Holzkohle | 8.080 |
| Graphit | 7.811 |
| Diamant | 7.770 |
| Phosphor | 5.747 |
| Kohlenoxyd | 2.385 |
| Schwefel | 2.220 |

Ich komme nun noch zur Besprechung einer Reihe von Versuchen, welche von Teclu ¹⁾ anlässlich des ge-

¹⁾ Journal für praktische Chemie. Neue Folge, Bd. 44, S. 246.

nauen Studiums des Heumann'schen Explosionsapparates angestellt wurden. Der genannte Apparat (Fig. 5) besteht aus einer größeren, starkwandigen dreihalsigen Flasche. Durch den ersten Kork geht eine rechtwinklig gebogene Glasröhre *b* bis auf den Boden der Flasche, in dem zweiten befindet sich eine weitere Glasröhre *a*, und der dritte Tubus ist durch einen Kork verschlossen. Leite ich nun durch die Glasröhre *b* Leuchtgas in die Flasche, entzünde dasselbe bei *c* und entferne den Kork bei *d*, so wird die gelbe Gasflamme im ersten Augenblicke größer, bald aber kleiner und verliert immer mehr an Leuchtkraft. Nach kurzer Zeit verschwindet die Gelbfärbung der Flamme. Sie sehen jetzt nur mehr eine gelbe Flammenspitze von einem blaugefärbten Flammensaum überragt, und endlich erhält die ganze Flamme eine ausgesprochene blaue Färbung. Nun bildet sich in der Flamme ein immer kleiner werdender grünlich gefärbter Kegel. Dieser verkleinert sich immer mehr und mehr und stülpt sich endlich in der Röhre um, wo derselbe gesondert als Flamme erscheint, welche sich nun in die Flasche senkt und dort das vorhandene Gemenge von Leuchtgas und Luft zur Explosion¹⁾ bringt.

¹⁾ Ein Gemenge von Leuchtgas und Luft wird explosiv, wenn ungefähr 12 Vol. Luft sich mit 1 Vol. Leuchtgas mischen. Nehmen wir an, in einem Zimmer von 4 *m* Länge, 4 *m* Breite und 3 *m* Höhe, das also einen Kubikinhalt von $48 \text{ m}^3 = 48.000 \text{ l}$ hat, befinde sich ein Gashahn, der geöffnet pro Stunde 150 *l* Gas liefert, so wird die Zimmer-

Während der Zeit, da die Flamme in der Röhre sich senkt, bis zum Eintreten der Detonation sieht man am oberen Ende der Röhre bei *c* die ursprüngliche Flamme ruhig weiterbrennen. Sie hat zwar bedeutend an Leuchtkraft verloren, ist aber immerhin noch ganz gut sichtbar.

Dieser Versuch zeigt nun, dass eine Leuchtgasflamme durch Zutritt von Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft sich unter geeigneten Umständen in zwei Flammen spalten kann, von denen die eine an der ursprünglichen Stelle fortbrennt, die andere sich nach abwärts bewegt.

Teclu hat nun einen Apparat konstruiert, der es gestattet, die zweite in Bewegung begriffene Flamme zu fixieren. Der Apparat (Fig. 6) besteht aus einer Röhre *a* aus Glas von 60 cm Länge und 2 cm Weite. *b* ist ein Glastrichter, welcher durch einen Pfropf mit der Röhre *a* verbunden ist. Der Trichterrand hat einen Durchmesser von 8 cm. Ich stelle nun einen Bunsenbrenner, der eine zarte

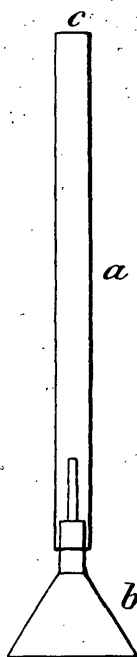


Fig. 6.

luft explosibel, wenn $\frac{48.000}{12} = 4000 \text{ l}$ ausgeströmt sind.

Dies wird aber der Fall sein nach $\frac{4000}{150} = \text{circa } 21 \text{ Stunden}$.

Regulierung des Luftzuflusses gestattet und die Einrichtung besitzt, eine verstellbare Verlängerung der Brenneröhre zu ermöglichen, unter den Trichter, und zwar so, dass die Mündung des Brennerrohres den Trichter berührt. Lässt man nun Leuchtgas in den Brenner eintreten, so wird sich dasselbe bei *c* entzünden lassen, und man erhält so eine leuchtende Flamme.

Senkt man nun die Verlängerungsröhre des Brenners etwas, so wird durch den entstehenden Zwischenraum zwischen der Brennermündung und dem Trichter dem Leuchtgas Luft beigemengt und dadurch die Leuchtkraft der Flamme vermindert. Lässt man nun noch in den Bunsen'schen Brenner nach und nach Luft eintreten, so sehen Sie, dass sich die Flamme wieder theilt, und es gelingt durch Regulieren ganz leicht, die bewegliche Flamme an irgend einer Stelle der Röhre *a* festzuhalten. Man kann ganz deutlich beobachten, dass die obere bläuliche Flamme mit ihrer Brandfläche nach oben gekehrt ist und den zur Verbrennung nöthigen Sauerstoff der umgebenden Luft entnimmt. Die untere, grünlich gefärbte, sehr heiße Flamme erscheint mit ihrer Brandfläche nach unten gewendet, und die hier stattfindende Verbrennung wird durch den Sauerstoff der Luft erhalten, welcher, dem Leuchtgase beigemengt, den Apparat durchströmt.

Die obere Flamme kann ausgelöscht werden, ohne dass hierdurch die untere Flamme beeinflusst wird. Es wird dadurch möglich, die Verbrennungsproducte der unteren Flamme aufzufangen und zu untersuchen.

Smithells und Ingle nehmen an, dass die Verbrennungsproducte des unteren Conus aus Kohlensäure, Wasser, Kohlenoxyd und Wasserstoff bestehen. Im oberen Conus erfolgt die Verbrennung von Kohlenoxyd und Wasserstoff durch den Sauerstoff der äußeren Luft.

Durch Heben der Verlängerungsröhre des Bunsenbrenners kann man die untere Flamme der oberen nähern und die zweite Flamme wieder auf die Mündung des Rohres *a* aufsetzen. Die so entstehende Flamme entspricht nun in allen Eigenschaften der Flamme des Bunsen'schen Brenners. Nach diesen Versuchen erscheint nun die Flamme des Bunsen'schen Brenners aus zwei übereinandergestellten, kegelförmigen Flammen von verschiedener Höhe und gleicher Basis zusammengesetzt. Am Umfange des größeren äußeren Kegels erfolgt die Verbrennung der Leuchtgasbestandtheile, welche durch die untere Flamme unverbrannt emporsteigen, durch den Sauerstoff der umgebenden atmosphärischen Luft. Im Zwischenraume, der durch diese brennende Peripherie und den zweiten inneren Flammenkegel gebildet wird, geht keine Verbrennung vor sich. Die Brandfläche der inneren Flamme ist, wie früher erwähnt, nach innen gekehrt, und die Verbrennung, die hier durch den mit dem Leuchtgas eintretenden Sauerstoff bewirkt wird, erreicht eine sehr hohe Temperatur. Im Inneren des zweiten hohlen Kegels findet keine Verbrennung statt. Um die Temperaturen der verschiedenen Theile der Bunsenflamme zu studieren, verwendet Teclu Tafeln aus Lindenholz

von circa 10 *cm* Breite und 20 *cm* Länge und 5 *mm* Dicke. Ich halte eine solche Tafel das einamal horizontal, das anderemal vertical in die Flamme und erhalte dadurch Horizontal- und Längsquerschnitte der Flamme als

Fig. 7.

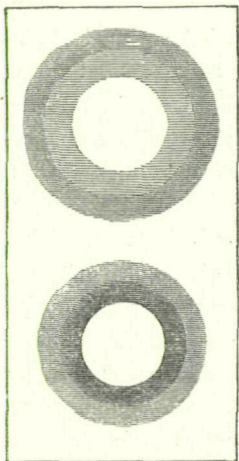


Fig. 8.

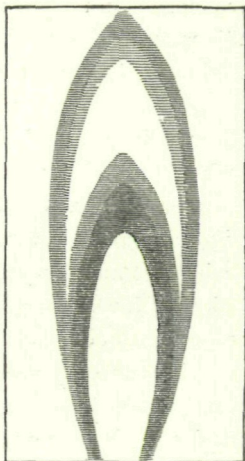


Fig. 9.

Brandfiguren (Fig. 7, 8 und 9). An diesen lassen sich aus der geringeren und größeren Verkohlung des Holzes Schlüsse auf die Temperatursunterschiede in der Flamme ziehen. Der obere Brandring (Fig. 7) erscheint an seinem Umfange dunkler und schärfer, da die obere Flamme den Sauerstoff der umgebenden atmosphäri-

sehen Luft entnimmt, und da das Holz im Innern des Brandringes nicht verkohlt erscheint, so geht auch keine Verbrennung im Innern der Flamme vor sich. Der Brandring (Fig. 8) zeigt, dass in der unteren Flamme die tiefer gehende Verkohlung von innen nach außen abnimmt. Hier ist es der dem Leuchtgase beigemengte Sauerstoff, der die Verbrennung bewirkt. Da der Kern dieses Brandringes ebenfalls nicht verkohlt ist, so findet auch im Innern dieser Flamme keine Verbrennung statt. Die Brandzeichnung Fig. 9 des Längsquerschnittes zeigt die eben erwähnten Verhältnisse noch viel deutlicher, da sich die Flammen gleichzeitig in die Holztafeln einbrennen.

Ich habe Ihnen gezeigt, dass ein Eisendraht in Sauerstoffgas unter lebhaftem Funkensprühen verbrannte. Lassen wir einen solchen Draht bei gewöhnlicher Temperatur an feuchter Luft liegen, so wird sich derselbe nach längerer Zeit in eine röthliche Masse umwandeln, die man gewohnt ist, als Eisenrost zu bezeichnen. In beiden Fällen entsteht aus dem Eisen eine neue Verbindung, und die beiden erwähnten Prozesse sind ihrem Wesen nach einander gleich. Dass wir beim Rosten weder Licht noch Wärme beobachten können, rührt davon her, dass der Process des Rostens sehr langsam vor sich geht und die in einem kleinen Zeitintervalle entwickelte Wärmemenge wegen ihrer Kleinheit nicht gemessen werden kann. Solche langsame Verbrennungen nennt man auch stille Verbrennungen. Zu letzteren gehören zwei Prozesse,

welche für den thierischen Organismus besonders wichtig sind, der Athmungs- und der Verwesungsprocess.

Ebenso nothwendig wie für den Verbrennungsprocess ist der Sauerstoff der atmosphärischen Luft für den Lebensprocess. Die Existenz lebender Wesen ist an das Vorhandensein von Sauerstoff in der Luft geknüpft; das Sauerstoffgas wird beim Athmen fortwährend von den Lungen aufgenommen und veranlasst im Körper Oxydationsprocesse; so wird namentlich Kohlenstoff von ihm oxydiert. Das Oxydationsproduct, die Kohlensäure, athmen wir aus, und ich kann Ihnen dies einfach so nachweisen, dass ich mit einer Glasröhre die ausgeathmete Luft in Kalkwasser blase. Sie sehen, dass sich die Flüssigkeit stark trübt. Diese Trübung ist nichts anderes als kohlenaurer Kalk, dieselbe Verbindung, welche wir heute schon einmal durch Einleiten der Verbrennungsproducte der Kerze in Kalkwasser erhielten. Durch den stillen Verbrennungsprocess erlangt der thierische Organismus die unentbehrliche Wärme.

Endlich ist der Sauerstoff der Luft auch Bedingung des Verwesungsprocesses. Das abfallende Laub der Bäume, die Überreste der Vegetation, die Cadaver von Menschen und Thieren verschwinden von der Erdoberfläche, indem sie verwesen. Das Verwesen der organischen Substanzen ist nichts anderes als eine Oxydation, eine langsame Verbrennung der oxydierbaren, der brennbaren Elemente derselben, nament-

lich des Kohlenstoffes und Wasserstoffes durch den Sauerstoff der atmosphärischen Luft. Die Producte dieser Oxydation sind dieselben, wie wenn diese Substanzen unter Feuererscheinung verbrennen würden — nämlich Kohlensäure und Wasser.

Es entstehen also bei der Verbrennung, bei dem Athmen und bei der Verwesung genau dieselben Zeretzungsproducte, und aller Kohlenstoff der organischen Substanzen kehrt in die Luft als Kohlensäure zurück, aus welcher er her stammt.

Es ist ein eigenthümlicher Zufall, dass mein heutiger Vortrag einem Tage zufiel, der als Signatur ein Verbrennungsproduct, die Asche, aufweist. Doch lassen Sie uns, verehrte Anwesende, noch einen anderen Gedanken an die Asche knüpfen. Der Phönix ist es, den eine wundersame Sage aus der Asche neu verjüngt erstehen lässt. Einem Phönix gleich hat sich aus den alten überlebten Anschauungen über das geheimnisvolle Wesen der Flamme durch die Kraft des nimmermüden Menschengenies eine junge Wissenschaft losgelöst, die Frage nach dem Stein der Weisen hat als Lösung die Chemie gebracht. Wunder hat diese Wissenschaft entschleiert, durch immer neue Wunder offenbart sie uns einen tiefen Einblick in das Wesen der Naturerscheinungen. Möge die Erkenntnis ihrer Bedeutung und Schöne immer weitere Kreise erfassen, mögen die Elemente dieser Wissenschaft ein Gemeingut aller Gebildeten werden!

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1894

Band/Volume: [34](#)

Autor(en)/Author(s): Bamberger Max

Artikel/Article: [Über den Verbrennungsprozess. 363-399](#)