©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Ueber Leuchtkraft.

Von

Dr. RUDOLF BENEDIKT,

Adjunct und Privatdocent an der technischen Hochschule in Wien.

Vortrag, gehalten am 22. November 1882.

Mit vierzehn Holzschnitten.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Meine Herren und Damen!

Sie Alle finden eine ausserordentliche Befriedigung darin, Ihr Wissen zu vermehren und Ihren Gedankenkreis durch die Kenntniss aller der neuen Entdeckungen und Erfindungen zu erweitern, an denen unsere Zeit so reich ist. Dafür giebt das beredteste Zeugniss Ihre Theilnahme an diesem schönen Vereine, in welchem vortragen zu dürfen ich mir zur grössten Ehre anrechne.

Aber noch schöner als dieses Studiren der Naturwissenschaften erscheint es Ihnen vielleicht, wenn Sie sich mit Hilfe der erworbenen Kenntnisse die tausend kleinen Erscheinungen des täglichen Lebens zurechtlegen können, wenn Sie nicht mehr achtlos, sondern beobachtend reisen oder spazieren gehen und auf Schritt und Tritt stets neue interessante Beispiele für die Wirkung der Naturgesetze finden.

Ich schlage Ihnen, meine Herren und Damen, vor, in Gemeinschaft mit mir heute einen solchen Spaziergang in ein Gebiet zu machen, welches der Physik und Chemie unendlich viel entlehnt, und erbitte mir von vorneherein Ihre Nachsicht dafür, dass ich ein Thema gewählt habe, welches, mehr technischer Natur, nur schlecht in den glänzenden Rahmen der streng wissenschaftlichen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Vorträge passt, welche das Programm des „Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse“ ausweist.

Die Zeit ist mir so kurz zugemessen, dass ich Sie nicht gar zu weit führen kann; wir haben aber der interessanten Gegenstände genug in der Nähe.

Betrachten wir vorerst eine der zahlreichen Gasflammen, welche diesen mit so vornehmem Geschmack gezierten Saal hell erleuchten.

Diese Flamme beleuchtet den Saal nicht nur, sondern sie erwärmt ihn auch, denn es steigt von ihr ein heisser Lichtstrom nach oben, welcher die Verbrennungsproducte mit sich führt und sich allmälig mit der kühlen Zimmerluft mischt. Aber selbst dann, wenn wir sie mit einem Glascylinder umgeben und an denselben einen Schlauch ansetzen, welcher die heissen Gase direct ins Freie führt, gibt sie immer noch Wärme an den Saal ab, denn sie sendet neben den leuchtenden auch unsichtbare Strahlen aus, welche das Glas und die Luft durchdringen und erst dann in fühlbare Wärme verwandelt werden, wenn sie auf die Gegenstände fallen, welche sich in diesem Raume befinden. Man nennt solche Strahlen Wärmestrahlen. Dass diese Strahlen die Luft, welche sie passiren, nicht direct erwärmen, wird Ihnen sofort klar werden, wenn Sie sich erinnern, dass auch die Sonne solche Wärmestrahlen aussendet, welche den tief unter 0 Grad abgekühlten Weltenraum passiren und durch die obersten, eiskalten Schichten unserer Atmosphäre hindurchgehen, ohne absorbirt zu werden, und sich erst

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

dann in fühlbare Wärme verwandeln, wenn sie auf die Erde gelangen.

Unsere Gasflamme wirkt aber noch in einer dritten Weise erwärmend auf diesen Raum. Wenn wir die Fenster mit dichten Vorhängen verschliessen, so bleibt die ganze Lichtmenge im Saale gefangen, und es müsste, falls das Licht unzerstörbar wäre, um so heller werden, je länger wir diese Flammen brennen lassen. Dies ist aber nicht der Fall, denn in dem Augenblicke, in dem wir die Flammen auslöschen, ist es ganz dunkel im Saale, das Licht ist somit vollständig zerstört, oder richtiger nicht zerstört, sondern in eine andere Art von Bewegung verwandelt worden.

Die Lichtstrahlen, welche von der Flamme ausgehen, fallen auf die Decke, die Wände, auf Ihre Kleider, auf Ihr Gesicht und Ihre Hände und werden da zum Theil absorbirt und sofort in fühlbare Wärme umgesetzt, zum Theil aber zurückgeworfen. Dieser Theil gelangt auf die anderen Gegenstände, von denen er wieder zum Theil absorbirt, zum Theil reflectirt wird. Und nach einigen derartigen Reflexionen ist das Licht vollständig in Wärme umgewandelt.

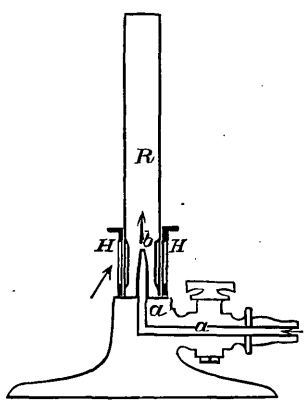
Addiren wir die drei genannten Antheile zusammen, so erhalten wir die Gesammtwärme, welche durch die Verbrennung des Leuchtgases mit diesem Brenner entsteht. Diese Wärme ist unter allen Umständen dieselbe, ob man nun dieselbe Quantität Leuchtgas mit einem Schmetterlingsbrenner, wie Sie ihn hier sehen, oder aus einem Argandbrenner mit Cylinder, oder aus einem

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Bunsenbrenner, wie er hier vor Ihnen steht, verbrennt. Ja man kann die Verbrennungswärme des Leuchtgases voraus berechnen, wenn man seine chemische Zusammensetzung genau kennt.

Dies gilt ganz allgemein für die Verbrennung aller Körper. Ein Kilo Kohle gibt stets genau dieselbe Wärmemenge, und man kann keinen Apparat ersinnen, durch welchen diese Menge vermehrt wird. Die Verbesserung unserer Oefen und Heizungen muss sich somit darauf beschränken, diese Wärmemenge möglichst vollständig auszunützen.

Fig. 1.



Betrachten Sie aber diesen Bunsenbrenner, welcher im Augenblicke mit leuchtender unruhiger Flamme brennt. Fig. 1 zeigt seine innere Einrichtung. Das Gas wird durch das Rohr *a* zugeführt und strömt durch die feine Oeffnung *b* in das Rohr *R* aus. Der untere Theil dieses Rohres ist mit Oeffnungen versehen, welche man durch Drehen der in gleicher Weise ausgeschnittenen Hülse *H* frei lassen oder verschliessen kann.

Ich drehe jetzt die Hülse in der Weise, dass die Oeffnungen übereinanderstehen, so dass das aus *b* aus-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

strömende Gas Luft durch dieselben einsaugen und sich damit mischen kann. Sie sehen den Erfolg: die Flamme ist nahezu entleuchtet, sie sendet nur noch einen schwachen bläulichen Schein aus. Schliesse ich die Luft ab, so leuchtet sie sofort wieder.

Aus diesem einfachen Experimente geht hervor, dass die Lichtmenge, welche ein und derselbe Körper beim Verbrennen aussendet, nicht immer dieselbe ist, denn das Leuchtgas kann einmal mit hellleuchtender, dann auch mit nicht leuchtender Flamme brennen.

Wenn wir irgend ein Material zur Beleuchtung verwenden wollen, so handelt es sich nur darum, dass wir einen möglichst grossen Theil der Gesammtwärme in Form von Licht entwickeln und dagegen die direct als fühlbare und als strahlende Wärme abgegebenen Antheile auf ein Minimum reduciren. Es wird auch bei den besten Brennersystemen immer nur ein sehr kleiner Bruchtheil der Gesammtwärme in Lichtstrahlen umgewandelt, und obwohl es unmöglich ist, über ein gewisses Mass hinauszugehen, so ist doch dem Beleuchtungstechniker immer noch ein grosser Spielraum für Verbesserungen gewährt.

Wir müssen uns vorerst die Frage vorlegen: Wodurch leuchtet denn diese Gasflamme überhaupt?

Ich habe hier ein Stückchen Platinschwamm, welches ich an einem Drahte in die entleuchtete Gasflamme halte. Es kommt rasch ins Glühen und sendet ein ziemlich lebhaftes Licht aus. Statt des Platinschwammes könnte ich ein Stückchen Kreide, schwer schmelzbares Glas oder irgend einen andern nicht verbrennlichen Kör-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

per in die Flamme halten; sie alle kommen bei einer und derselben Temperatur, und zwar bei circa 525° C. in Rothgluth, sodann bei 800° in helle Rothgluth, dann in Gelb- und endlich bei circa 1200° in Weissgluth. Je höher wir sie dann weiter erhitzen, desto mehr Licht strahlen sie aus.

Ich kann auch ein Stückchen Holzkohle in diese Flamme halten, ohne dass es verbrennt, nur muss ich mich hüten, es dem äussern Rande zu nahe zu bringen. Im Innern der Flamme befindet sich nur so viel Luft, als ein Theil des Leuchtgases zur Verbrennung bedarf es bleibt nichts für das Holzkohlenstückchen übrig, welches somit ins Glühen kommt, aber nicht verbrennen kann. Bringe ich dasselbe aber an den Rand der Flamme, so dass die Luft freien Zutritt hat, so verbrennt es vollständig.

In unserer Gasflamme befinden sich ebenfalls feste, weiss oder gelblichweiss glühende Theilchen. Sie sind so ausserordentlich fein vertheilt, dass sie, obwohl mehr als 2000 mal so schwer als die Luft, dennoch so lange in der Flamme schweben, bis sie den äusseren Rand derselben erreicht haben und verbrennen.

Wir können sehr leicht eine sehr grosse Anzahl solcher Theilchen aus der Flamme herausholen. Ich habe hier eine mit kaltem Wasser gefüllte Schale, welche ich in die Flamme halte und an der sich nun diese Theilchen absetzen. Sie sind durch die Schale so weit abgekühlt, dass ich sie durch den Rand der Flamme bringen kann, ohne befürchten zu müssen, dass sie verbrennen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Wie Sie sehen, meine Herren und Damen, ist der Boden mit Russ bedeckt, diese kleinen Theilchen bestehen somit aus Kohlenstoff.

Wir wissen nun, dass die Gasflamme ihre Leuchtkraft Kohlenstofftheilchen verdankt, welche in der Flamme schweben, in Weissgluth kommen, sich rasch gegen den Rand der Flamme hinbewegen und dort verbrennen.

Ich habe mir heute die Aufgabe gestellt, Ihnen die Bedingungen darzulegen, von welchen die Leuchtkraft einer Gasflamme abhängig ist, und Ihnen zu zeigen, dass man dieselbe bei dem gleichen Gasconsum, also mit den gleichen Kosten bis auf das Doppelte gegen den gewöhnlichen Schmetterlingsbrenner steigern kann. Bevor wir dies aber unternehmen, muss ich Sie mit einem Instrumente vertraut machen, welches uns in den Stand setzt, ein zuverlässiges Urtheil über die Leuchtkraft einer Lichtquelle zu erlangen. Es ist dies das Photometer, was in wörtlicher Uebersetzung so viel bedeutet als Lichtmesser.

Ich hoffe, dass Ihnen Allen der Stern in der Mitte dieses Bogens weissen Zeichenpapiers sichtbar ist. Ich habe ihn dadurch hervorgebracht, dass ich diese Stelle mit Oel getränkt habe. Es liegt ganz in meiner Macht, Ihnen diesen Stern heller oder dunkler als das weisse Papier erscheinen zu lassen.

Beleuchte ich die Fläche von vorne, so ist er dunkler, beleuchte ich sie stärker von rückwärts als von vorne, so ist er heller als seine Umgebung. Endlich kann

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ich durch passendes Verschieben zweier Lichtquellen den Punkt treffen, wo der Stern für Ihr Auge vollständig verschwindet; dann ist er gerade so stark beleuchtet wie das nicht geölte Papier.

Die Erklärung dafür ist eine sehr einfache.

Fällt Licht von vorne auf, so sendet die nicht geölte Partie einen sehr grossen Theil der Strahlen in Ihr Auge zurück und lässt nur einen kleinen Bruchtheil hindurchgehen. Der geölte Theil des Papieres ist weit durchscheinender, er lässt demnach einen weit grösseren Antheil der Strahlen hindurch und reflectirt weniger Licht in Ihr Auge, er erscheint somit dunkler. Dieselbe Ursache macht den Stern hell auf dunklem Grunde erscheinen, wenn die Fläche von rückwärts stärker beleuchtet ist.

Nach dem Gesagten müsste der Stern auf beiden Seiten verschwinden, wenn die Beleuchtung von vorne und von rückwärts gleich stark ist; dies ist aber nicht genau der Fall, sondern der Stern bleibt dann auf beiden Seiten etwas heller als seine Umgebung. Auf den Grund dieser Erscheinung will ich nicht näher eingehen und nur bemerken, dass er darin zu suchen ist, dass auch das weisseste Papier einen Theil der Lichtstrahlen aufsaugt und in Wärme verwandelt.

Das geölte Papier bildet den wichtigsten Theil des Photometers, welches Sie hier sehen (Fig. 2).[1])

Die beiden Spiegel ermöglichen es dem Beobachter, beide Seiten desselben zugleich zu beobachten. Rechts

[1]) **Die Zeichnung ist nicht ganz correct, auch soll der Stern heller als die Umgebung sein.**

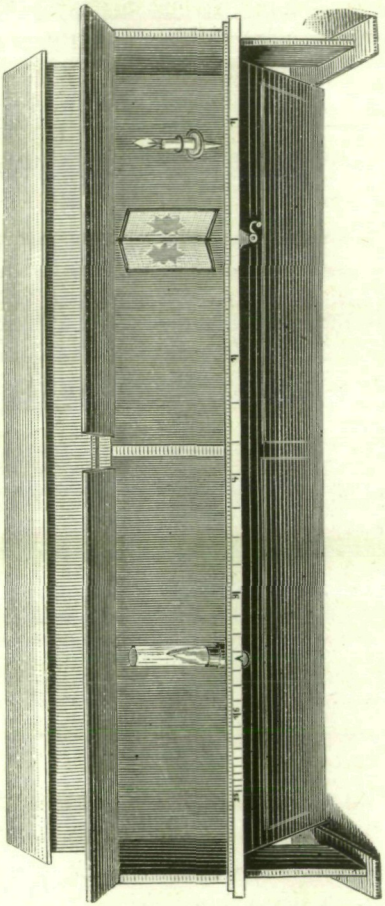
©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

davon ist ein Halter, welcher zur Aufnahme der Normalkerze dient. Dieselbe ist aus Wallrath oder Paraffin sehr sorgfältig hergestellt. Die Wallrath-Kerze muss, wenn sie richtig brennt, um 120 englische Gramm, d. i. 15·431 Gramm in der Stunde abnehmen.

Die damit zu vergleichende Gasflamme, Oellampe etc. ist auf einem Schlitten aufgesetzt, mit dem sie in dem grösseren linksseitigen Theil des Apparates verschiebbar ist.

Man dreht so lange an der unterhalb der beiden Spiegel sichtbaren

Fig. 2.



©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Kurbel, bis der Stern auf beiden Seiten gleich hell erscheint, und liest die Stellung der auf ihre Lichtstärke zu prüfenden Flamme mit Hilfe des mit dem Schlitten verbundenen Zeigers an der Scala ab, welche sofort die Lichtstärke in Kerzen angiebt.

Der Abstand zwischen Kerze und Papier beträgt bei unserem Apparate 10 Zoll und die Gasflamme sei bei 40 Zoll richtig eingestellt.

Das Licht beider Flammen breitet sich nach allen Seiten gleichförmig aus. Die Gasflamme erleuchtet mithin eine Kugeloberfläche vom Radius 4 ebenso hell, wie die Kerze eine Kugel vom Radius 1. Die Oberfläche der ersten Kugel ist 16 mal so gross wie die der zweiten, somit hat die Gasflamme eine Lichtstärke von 16 Kerzen. Damit stimmt auch die Kerzentheilung der Scala überein.

Das Photometer setzt uns in den Stand, bei jeder Veränderung, welche wir etwa bei der Bereitung und Verwendung des Leuchtgases vornehmen, zu controliren, ob dieselbe die Leuchtkraft zu Gunsten oder Ungunsten beeinflusst. Dabei müssen wir aber so zu Werke gehen, dass wir der Flamme stets dieselbe Menge Gas zuführen. Man regulirt den Consum mit Hilfe einer Gasuhr gewöhnlich auf 5 Kubikschuh, gleich 141·5 Liter in der Stunde.

Kehren wir nun zu unserer Aufgabe zurück, diejenigen Momente aufzusuchen, welche die Leuchtkraft des Gases beeinflussen. Wir haben nacheinander zu betrachten die Abhängigkeit der Leuchtkraft von der chemi-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

schen Zusammensetzung des Gases, von der Art und Weise der Luftzufuhr, von der Temperatur der zugeführten Luft und von der Geschwindigkeit, unter welcher das Gas die Brenneröffnung verlässt.

Chemische Zusammensetzung.

Die chemische Zusammensetzung des Gases muss eine solche sein, dass es beim Erhitzen überhaupt feste Kohlenstofftheilchen abscheiden kann.

Nicht alle verbrennlichen, kohlenstoffhältigen Körper besitzen diese Eigenschaft. Der Spiritus besteht z. B. aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, seine Flamme ist nicht leuchtend, ein Beweis, dass sich in ihr keine festen Kohlenstofftheilchen befinden.

Das Leuchtgas besteht im gereinigten Zustande ebenfalls nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Dies ist aber nicht so zu verstehen, als ob diese drei Elemente blos miteinander gemischt seien. Ich habe Ihnen früher nahezu reinen Kohlenstoff als Russ gezeigt, und Sie sehen in dem nicht entzündeten Leuchtgase gewiss keine schwarzen Theilchen schweben.

Der Kohlenstoff ist somit im Leuchtgase chemisch verbunden, und zwar mit Sauerstoff zu Kohlenoxydgas, mit Wasserstoff in vielen verschiedenen Verhältnissen zu Kohlenwasserstoffen, von denen demnach eine grössere Anzahl im Gase enthalten ist.

Ein Theil des Wasserstoffes findet sich in freier Form vor, er macht oft die Hälfte des Volumens aus.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Es sei hier noch beiläufig erwähnt, dass die Giftigkeit des Leuchtgases durch seinen Gehalt an Kohlenoxydgas bedingt ist. Es ist dies dasselbe Gas, welches bei der unvollkommenen Verbrennung der Kohlen entsteht und Anlass zu häufigen Unglücksfällen giebt, wenn es sich, etwa in Folge des Schliessens der Ofenklappen, der Zimmerluft beimischt.

Die drei Hauptbestandtheile des Leuchtgases betheiligen sich nun in folgender Weise an seiner Leuchtkraft. Wasserstoff und Kohlenoxyd verbrennen mit bläulicher, nicht leuchtender Flamme; sie sind aber insoferne wirksam, als dabei eine sehr grosse Hitze entsteht, in welcher der aus den Kohlenwasserstoffen ausgeschiedene feste Kohlenstoff in helle Weissgluth geräth.

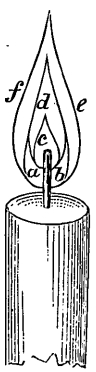
Dass diese Kohlenwasserstoffe und somit auch das Leuchtgas in der Glühhitze Kohlenstoff ausscheiden, kann durch den directen Versuch leicht nachgewiesen werden. Denn leiten wir Gas durch glühende Röhren hindurch, so zersetzt es sich, es bildet sich ein feiner Nebel von Kohlenstoff, welcher sich an die Röhrenwände absetzt und, wenn die Operation lange genug fortgesetzt wird, endlich als sehr harter Ueberzug in den Röhren vorgefunden wird. Man benützt diese Masse unter dem Namen Gaskohle zur Herstellung elektrischer Lampen und Elektroden.

Wir unterscheiden in der Flamme vier verschiedene Regionen. Die Figur 3 zeigt uns eine Kerzenflamme. In *a b* tritt von unten genügend Luft in die Flamme, um eine so weitgehende Verbrennung der durch Erhitzung

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

des Kerzenmateriales entwickelten Gase zu bewirken, dass keine Kohlenstofftheilchen ausgeschieden werden. In diesem verhältnissmässig sehr kleinen Theile findet also dasselbe statt wie in der entleuchteten Flamme des Bunsenbrenner. Der sehr schmale Saum der Flamme *ef* leuchtet nur wenig, in ihm findet die vollständige Verbrennung der festen Kohlenstofftheilchen und der aus *d* zuströmenden Gase statt. Er besitzt die höchste Temperatur und bewirkt die Zersetzung der aus dem dunklen Raume *c* nach *d* eintretenden schwereren Kohlenwasserstoffe. Diese Wirkung wird dadurch unterstützt, dass auch noch etwas Sauerstoff nach *d* eindringt und einen kleinen Theil der Gase verbrennt. Nach *c* dringt kein Sauerstoff mehr, dieser Raum enthält unverbrannte Gase.

Fig. 3.



Sie werden dieselben Theile leicht auch an der Gasflamme entdecken.

Alle Bestandtheile des Leuchtgases geben zusammen nur zwei Verbrennungsproducte.

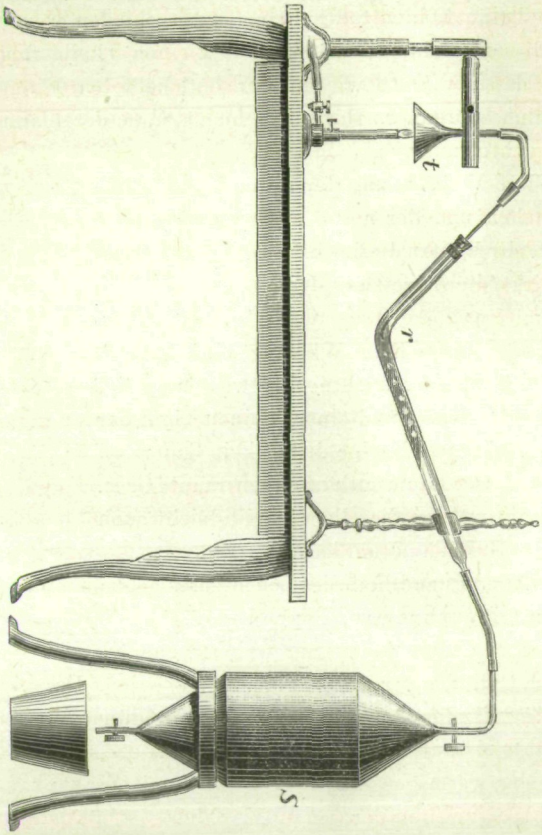
Das eine nehmen Sie wahr, wenn Sie eine mit einem Cylinder versehene Flamme anzünden. Das kalte Glas läuft sofort an, es schlägt sich eine dünne Wasserschichte darauf nieder, welche verdunstet, sobald der Cylinder warm geworden ist. Es ist somit Wasser.

Das zweite Verbrennungsproduct ist unsichtbar. Wir wollen es in eine sichtbare Form überführen.

Ich habe hier eine kleine Gasflamme (Fig. 4), darüber einen Trichter, und dieser steht mit einem Rohre

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 4.



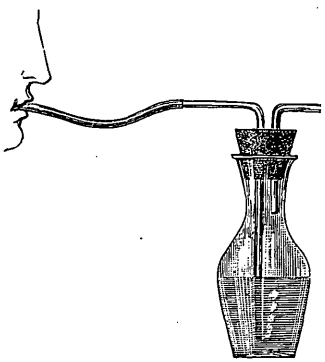
in Verbindung, in welches ich Kalkwasser gegossen habe. Das Blechgefäss *S* ist mit Wasser angefüllt. Ich öffne den unteren Hahn, es fliesst Wasser aus und in Folge dessen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wird die von der Flamme aufsteigende Luft durch den Trichter aufgesaugt und gezwungen, durch das Kalkwasser zu streichen. Sie werden bald wahrnehmen, dass sich ein weisser, pulvriger Niederschlag ausscheidet.

Ich habe hier eine Flasche Sodawasser, in dieses Gefäss giesse ich wieder etwas Kalkwasser und vermische nun die beiden Flüssigkeiten: es entsteht derselbe weisse Niederschlag. Sie wissen, dass Sodawasser eine Lösung von Kohlensäure in Wasser ist, die Flamme entwickelt somit Kohlensäure.

Fig. 5.

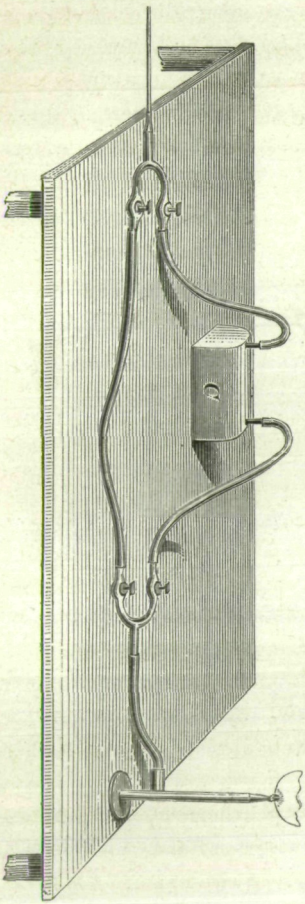


Auch die Nahrungsmittel, welche wir einnehmen, werden nach mannigfachen Umänderungen, welche sie erleiden, zum grossen Theile zuletzt durch die Luft, welche wir einathmen, in unseren Lungen verbrannt. Sie sind sämmtlich kohlenstoffreich und liefern daher Kohlensäure, welche wir ausathmen. Blase ich somit durch Kalkwasser hindurch, so entsteht dieselbe weisse Trübung wie früher (Fig. 5).

Die Kohlensäure ist nicht athembar, die Luft in geschlossenen, mangelhaft ventilirten Räumen wird somit durch die Beleuchtung und die Anwesenheit vieler Personen verdorben.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 6.



Die Leuchtkraft des Gases ist natürlich um so grösser, je mehr feste Theilchen es ausscheiden kann, je grösser sein Gehalt an schweren Kohlenwasserstoffen ist.

Wie Sie wissen, wird unser Gas durch trockene Destillation der Steinkohlen bereitet; destillirt man an deren Stelle Oel, so erhält man das kohlenstoffreichere Oelgas, welches nahezu die doppelte Leuchtkraft besitzt.

Es giebt aber ein Mittel, das gewöhnliche Leuchtgas kohlenstoffreicher zu machen, es zu carburiren oder carbonisiren.

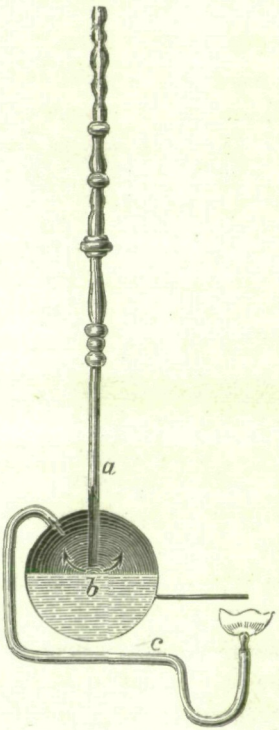
In dem Blechgefässe *C* (Fig. 6) befindet sich etwas Ligroin, das ist ein Gemenge flüssiger Kohlenwasserstoffe, leicht siedende Antheile des Rohpetroleums. Eine Dochtrolle saugt sich damit an und befördert da-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

durch seine Verdunstung. Streicht nun Leuchtgas durch den Apparat, so sättigt es sich mit diesen Dünsten an und brennt mit weit heller leuchtender Flamme als dann, wenn ich das nicht carburirte Gas durch die Nebenleitung direct zum Brenner führe.

Eine andere Vorrichtung zur Carburirung zeigt Fig. 7 im Durchschnitte.

Fig. 7.



Die Kugel *b* ist mit Naphtalin, einem aus dem Steinkohlentheer als Nebenproduct gewonnenen festen Kohlenwasserstoffe, gefüllt. Es verdampft bei gewöhnlicher Temperatur nur sehr langsam, rascher nach dem Schmelzen, welches dadurch bewirkt wird, dass ein an *b* angelötheter Draht durch die Flamme erhitzt wird und seine Wärme diesem Gefässe durch Leitung mittheilt.

Art und Weise der Luftzufuhr.

Nebst der chemischen Zusammensetzung eines Leuchtmateriales übt die Art und Weise, wie die Luft der

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Flamme zugeführt wird, den grössten Einfluss auf die Leuchtkraft aus.

Sie Alle, meine Herren und Damen, kennen die Erscheinungen, welche auftreten, wenn der Luftzutritt ein ungenügender ist. Eine gewöhnliche Oel- oder Petroleumlampe rüsst so lange, bis wir den Cylinder aufgesetzt haben. Es findet also ein sehr grosser Theil der in der Flamme ausgeschiedenen Kohlentheilchen nicht genügend Luft, um zu verbrennen, und passirt den Flammenrand.

Damit, dass wir die Luftzufuhr so regeln, dass eine vollständige Verbrennung stattfindet, ist aber noch nicht Alles gethan.

Die Flamme an diesem Rundbrenner russt nicht, wenn die Luft im Saale nicht sehr unruhig ist. Die Verbrennung ist somit eine vollständige, und doch ist das Licht wenig intensiv, gelb und unruhig. Setze ich den Cylinder auf, so wird die Intensität bedeutend gesteigert, das Licht wird weisser, gleichzeitig bemerken Sie aber auch, dass die Flamme bedeutend kleiner geworden ist.

Alle diese Erscheinungen sind auf die vermehrte Zufuhr von Luft zurückzuführen, welche im Argandbrenner sowohl von aussen als von innen zur hohlen cylindrischen Flamme zutritt. Da nun, wie Sie gehört haben, eine und dieselbe Gasmenge stets dieselbe Wärmemenge erzeugt, so muss die Temperatur der Flamme nunmehr eine viel höhere sein, denn die Entwicklung der Wärme findet nach dem Aufsetzen des Cylinders in einem viel kleineren Raume als vorher statt. Jedes Kohlenstoff-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

theilchen kommt daher in ein viel lebhafteres Glühen, und während es früher mehr gelb- als weissglühend war, leuchtet es jetzt in heller Weissgluth.

Um den Luftzutritt möglichst günstig zu gestalten, lassen wir das Gas nicht aus grösseren kreisrunden oder quadratischen Oeffnungen ausströmen, wenden wir für Oel- oder Petroleumlampen keine massiven Dochte an, sondern suchen die Flamme mehr in eine Fläche auszubreiten. Daher die schlitzförmige Oeffnung unserer Schmetterlingsbrenner und die vielen feinen in Kreise gestellten Löcher der Argandbrenner, welche die Flamme zur Cylinderfläche ausbreiten.

Es giebt aber auch hier eine Grenze, denn machen wir die Flamme zu dünn, dann tritt so viel Luft hinzu, dass dieselbe Erscheinung wie bei den Bunsenbrennern eintritt.

Solche entleuchtete Flammen können sehr heiss sein, wenn die Verbrennung auf den kleinsten Raum zusammengedrängt wird. Dies erreichen wir dadurch, dass wir anstatt Luft Sauerstoff in die Flamme einblasen. Nur der fünfte Theil der Luft ist die Verbrennung unterhaltender Sauerstoff, die anderen vier Theile sind Stickstoff, welcher den Sauerstoff verdünnt und der Flamme sehr viel Wärme entzieht. Blasen wir reinen Sauerstoff in eine Gasflamme ein, so erhalten wir eine so heisse entleuchtete Flamme, dass ein hineingehaltenes Stückchen Kreide in die hellste Weissgluth geräth und ein überaus intensives Licht ausstrahlt. Diejenigen unter Ihnen, meine Herren und Damen, welche im Juli 1881 das

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Fest im Stadtparke mitgemacht haben, erinnern sich vielleicht der schönen Beleuchtung des oberen Parterres. Sie war auf diese Weise hergestellt. Diese Beleuchtungsart führt den Namen Drumond'sches Licht.

Kehren wir nach dieser kleinen Abschweifung zu unseren gewöhnlichen Gasbrennern zurück.

Das Gas wird in den verschiedenen Brennern in sehr verschiedener Weise ausgenützt. Der Rundbrenner ist dem Flachbrenner bei Weitem vorzuziehen, er giebt bei einem Consum von 5 Kubikfuss 15 bis 16 Kerzen, während der Flachbrenner nur 10 bis 12 Kerzen giebt. Brenner mit eisernen Köpfen entziehen der Flamme viel Wärme und geben daher schlechtere Resultate als die schlecht leitenden Specksteinbrenner.

Man könnte meinen, dass die Flamme auch desshalb flach sein müsse, weil das Licht aus dem Innern einer dickeren Flamme die äusseren leuchtenden Schichten nicht vollständig passiren könne.

Dies ist aber durchaus nicht der Fall, denn wenn ich unmittelbar hinter eine Gasflamme eine zweite gleich grosse stelle, so erhalte ich nach allen Seiten die doppelte Leuchtkraft. Die Strahlen der zweiten Flamme werden somit dadurch nicht geschwächt, dass sie durch die erste hindurch müssen, dieselbe ist somit vollkommen durchsichtig für Gaslicht.

Sie sehen eine Anwendung dieses Principes in einer neuartigen Petroleumlampe, welche zwei Flachdochte

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

neben einander enthält. Aus dieser Durchsichtigkeit der Flammen folgt weiter, dass eine Schmetterlingsflamme nach ihrer schmalen Seite genau eben so viel Licht entsendet wie nach der breiten.

Einfluss der Temperatur des Gases und der Luft auf die Leuchtkraft.

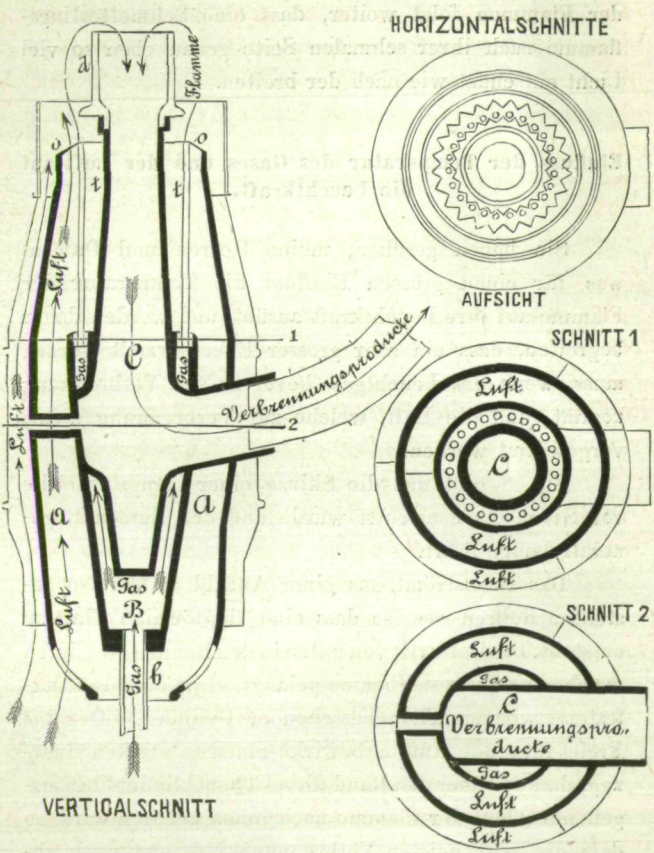
Sie haben gesehen, meine Herren und Damen, was für einen grossen Einfluss die Temperatur der Flamme auf ihre Leuchtkraft ausübt, und werden daher begreifen, dass ein sehr grosser Effect erzielt werden muss, wenn das Leuchtgas, bevor es zur Verbrennung kommt, und die Luft, welche zur Verbrennung dient, vorgewärmt werden.

Fig. 8 gibt uns die Skizze einer Lampe, welche von Siemens construirt wurde und den Namen Regenerativlampe führt.

Das Gas strömt aus einer Anzahl im Kreise gestellter Röhren aus, so dass eine ringförmige Flamme entsteht. Die Luft tritt von unten in den Raum *A* ein, durch welchen sie bis zur Flamme gelangt. *d* ist ein aus feuerfestem, weissen Thon bestehender Cylinder. Der ins Freie führende Kamin bewirkt einen so starken Luftzug, dass der über den Rand dieses Thoncylinders hinausgehende Theil der Flamme nach innen gezogen wird, so dass die sehr heissen Verbrennungsgase erst nach abwärts durch das Rohr *C* und dann in den Kamin gezogen werden. Sie strömen somit eine Strecke dem Gase

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 8.



in den Röhren *t* und der Luft in *A* entgegen, von welchen sie nur durch dünne Metallwände getrennt sind, und

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

heizen sie demnach auf eine sehr hohe Temperatur vor. Der Erfolg ist ein überraschender, die Leuchtkraft wird um mehr als das Doppelte gegen den gewöhnlichen Rundbrenner gesteigert.

Ein anderer Vorzug dieser Vorrichtung liegt darin, dass die Verbrennungsproducte nicht in den Raum gelangen, sie wirkt vielmehr als vortrefflicher Ventilator.

Einfluss der Ausströmungsgeschwindigkeit des Gases auf die Leuchtkraft.

Einen sehr grossen Einfluss auf die Leuchtkraft übt die Geschwindigkeit aus, unter welcher es ausströmt und es gilt im Allgemeinen die Regel, dass die Leuchtkraft um so grösser ist, je kleiner die Ausströmungsgeschwindigkeit, vorausgesetzt, dass genügend Luft zutritt.

Es erklärt sich dies daraus, dass die glühenden Kohlentheilchen sodann längere Zeit in der Flamme verbleiben und leuchten, während sie bei starker Ausströmungsgeschwindigkeit rasch an den Rand der Flamme geführt werden. Auch wird durch die rasche Bewegung mehr Luft in das Innere der Flamme geführt und dadurch ein Theil des Kohlenstoffs verbrannt. Endlich kühlt die grössere Menge nachströmenden Gases die Flamme stärker ab.

Die Ausströmungsgeschwindigkeit ist ausser von der Dichte noch von dem Drucke abhängig, unter welchem das Gas steht.

Die Dichte des Leuchtgases wechselt mit der chemischen Zusammensetzung.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Wasserstoff ist mehr als 14 mal so leicht, Kohlenoxydgas nur ein wenig leichter als Luft, einige Kohlenwasserstoffe sind leichter, andere schwerer als Luft. Eine jede Veränderung in dem Mischungsverhältnisse der einzelnen Bestandtheile wird somit auch eine Veränderung in der Dichte bewirken.

Die Zeit, welche ein bestimmtes Volumen Gas bedarf, um bei demselben Druck aus derselben Oeffnung auszuströmen, ist proportional der Quadratwurzel aus der Dichte.

Ein Brenner, welcher in der Stunde 141·5 Liter Leuchtgas von der Dichte 0·5 consumirt, wird unter sonst unveränderten Bedingungen gegen 159 Liter Gas, d. i. um 11·2% mehr verzehren, wenn die Dichte nur 0·4 beträgt.

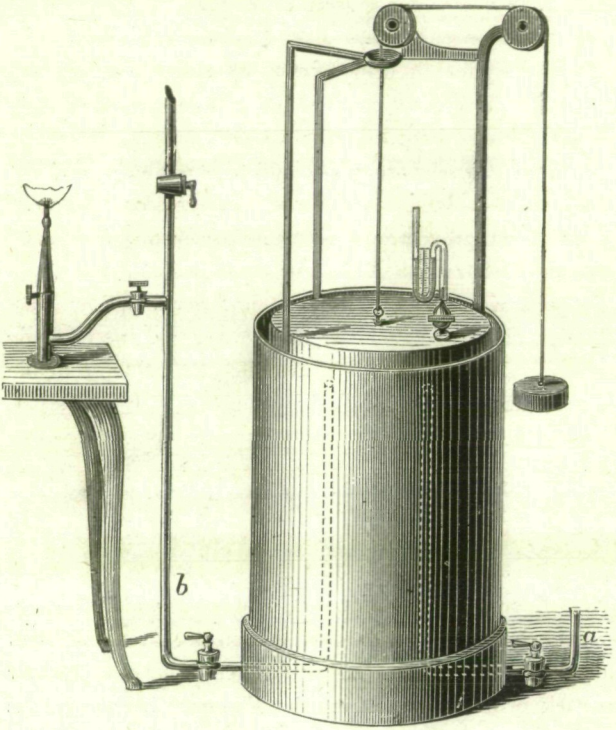
In noch höherem Grade wechselt sie die Ausströmungsgeschwindigkeit mit dem Drucke.

Die Gasometer, in welchen das Leuchtgas in den Gasfabriken aufgesammelt wird, sind nach demselben Principe construirt wie dieser kleine Apparat (Fig. 9).

Der äussere Behälter ist mit Wasser gefüllt. In ihn treten zwei Rohre *a* und *b* ein, welche im Innern senkrecht bis nahe zur Höhe des Randes aufsteigen, so dass kein Wasser in sie eindringen kann. Diese Glocke, welche sich in Führungen nach aufwärts bewegen lässt, ist durch ein Gewicht nahezu äquilibrirt. Ich lasse nun durch das Rohr *a* Gas in die Glocke eintreten. Nun ist sie gefüllt, ich sperre den Hahn ab und entferne das Gewicht.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 9.



Beobachten Sie dabei dieses mit gefärbtem Wasser gefüllte Rohr. In dem Augenblicke, in welchem ich das Gewicht entferne, steigt die Flüssigkeit in dem einen Schenkel, sie wird durch das Gas, welches zu entweichen sucht, hinaufgedrückt. Belaste ich den Gasometer, so

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

steigt die Flüssigkeit noch mehr, der Druck ist also vermehrt. In dieser Weise regulirt die Gasanstalt den Druck in ihrem Röhrennetze.

Verbinde ich das Rohr *b* mit einem Brenner, so kann ich die Verschiedenheit der Flamme bei verschiedenem Drucke beobachten. Sie sehen, dass sie bei geringem Drucke ruhig brennt, bei stärkerem aber bläst. Nun ist die absolute Lichtstärke natürlich grösser als früher, aber nicht proportional dem Mehrconsum. Die erste Flamme verbraucht z. B. 140 Liter in der Stunde und giebt 12 Kerzen, die zweite bedarf der doppelten Gasmenge, giebt aber statt 24 nur 18 Kerzen. Die folgende kleine Tabelle giebt eine diesen Gegenstand betreffende Versuchsreihe.

Druck	Consum	Lichtstärke
5 Linien	4·1 ☒′	10·6 Kerzen
10 „	6·4 „	14·0 „
15 „	8·0 „	159 „
20 „	9·3 „	17·1 „
30 „	12·2 „	18·0 „

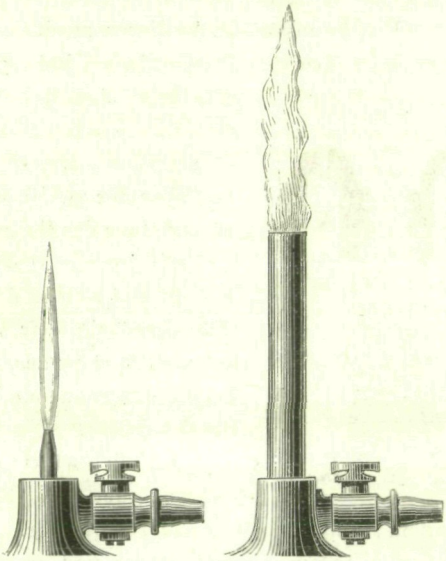
Das Gas wird somit um so besser ausgenützt, je geringer der Druck; man darf aber in der Praxis auch in dieser Richtung nicht zu weit gehen, weil ein gewisser Druck erforderlich ist, um der Flamme ein genügendes Beharrungsvermögen zu geben, indem sie sonst durch den leisesten Luftzug bewegt wird. Für unser Wiener Gas soll z. B. der Druck von 25 Mm. der günstigste sein.

Es ist den Gasanstalten aus vielerlei technischen und ökonomischen Gründen unmöglich, das Gas zu allen Stunden und in allen Theilen der Rohrleitungen unter

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

demselben günstigen Druck zu erhalten. Man beobachtet fast überall, wo Gas verbraucht wird, ein bedeutendes Schwanken des Druckes; bald ist die Menge des Gases ungenügend, so dass wir zu wenig Licht erhalten,

Fig. 10.



bald ist der Druck so stark, dass die Flammen blasen, wenn wir den Hahn ganz öffnen.

Der Consument hat kein Mittel, um den Nachtheilen, d. i. insbesondere zu geringer Lichtstärke, zu begegnen, welche ein zu geringer Druck mit sich bringt. Ist hingegen der Druck constant ein zu grosser, so kann er

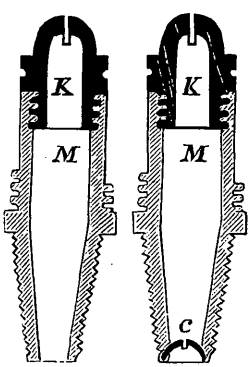
©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

durch die sogenannten Sparbrenner herabgemindert werden.

Ich kann zur Erklärung der Wirksamkeit der Sparbrenner wieder meinen Bunsenbrenner (Fig. 10) benützen.

Ich schraube das Rohr *R* Fig. 1 ab und entzünde das Gas, welches aus der feinen Oeffnung *b* unter einem ziemlich starken Drucke ausströmt. An diesem zweiten, ganz so wie der erste construirten Brenner lasse ich die Flamme bei aufgesetztem Rohr und abgesperrter Luft brennen. Beide Brenner consumiren gleich viel Gas, aber der zweite leuchtet stärker, denn das Gas, welches bei *b* mit grossem Drucke eintritt, breitet sich in dem verhältnissmässig sehr weiten Rohre *R* so stark aus, dass es die Mündung ohne merklichen Druck verlässt.

Fig. 11.



Aehnlich wirkt eine jede Verengerung des Rohres, welches dem Brenner das Gas liefert. Die Fig. 11 zeigt die Durchschnitte eines gewöhnlichen und eines Brönner'schen Sparbrenners, das Gas strömt durch die Oeffnung *c* in den Raum *M* ein. Daselbst herrscht ein Druck, welcher zwischen dem äusseren Luftdruck und dem Gasdruck liegt. Beträgt z. B. der Ueberdruck des Gases 40 Mm., und ist *c* eben so gross wie die Oeffnung des Brenners, so ist der Ueberdruck in *M* circa 20 Mm., die Flamme wird also ge-

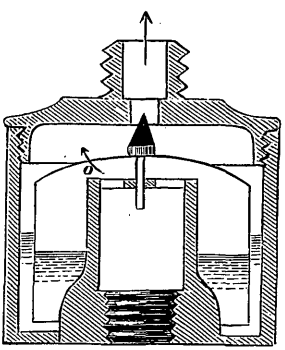
©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

räde so brennen, wie wenn der Druck in der Rohrleitung 20 Mm. betrüge.

Durch die Anwendung von Sparbrennern lässt sich bei derselben Lichtstärke eine Ersparniss von 30 bis 40% an Gas erzielen.

Der einzige, aber schwer wiegende Uebelstand, welchen die Sparbrenner besitzen, ist der, dass sie bei niedrigem, also zur ausreichenden Beleuchtung nicht genügendem Drucke durch die Rohrverengerung die Gaszufuhr noch mehr schwächen.

Fig. 12.



An die Sparbrenner schliessen sich die mit Consumregulator versehenen Brenner an.

Ich speise hier zwei Flammen aus demselben Rohre, welches von diesem Gasometer kommt. Erhöhe ich nun den Druck, so fängt die eine zu blasen an, während die andere ruhig brennt, und ich kann den Druck sehr hoch steigern, ohne dass eine merkliche Veränderung der Flamme eintritt. Der Grund dafür ist, dass dieser Brenner auf einem Consum-Regulator aufgesetzt ist.

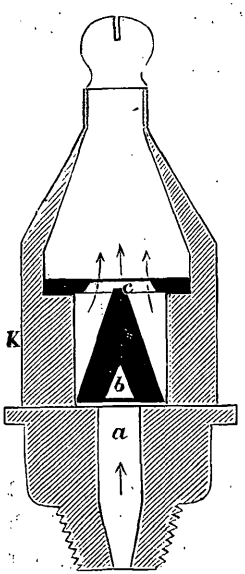
Sie sehen hier die Abbildungen zweier solcher Apparate.

Ist der Druck gering, so strömt das Gas durch den in Fig. 12 abgebildeten Giroud'schen Rhéometer in der

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Weise, dass es die mit Glycerin abgesperrte kleine Metallglocke passirt und dann durch die Oeffnung *o* an dem Conus vorbei zum Brenner strömt. Steigt der Druck, so wird die Glocke und mit ihr der Conus etwas gehoben und dadurch die Ausströmungsöffnung zum Brenner verkleinert, ein stärkerer Druck hebt die Glocke noch weiter, so dass stets nur ein gewisses Quantum Gas ausströmen kann. Da nun das Gas im Regulator zwei enge Stellen zu passiren hat, so wirkt derselbe auch als Sparbrenner.

Fig. 13.



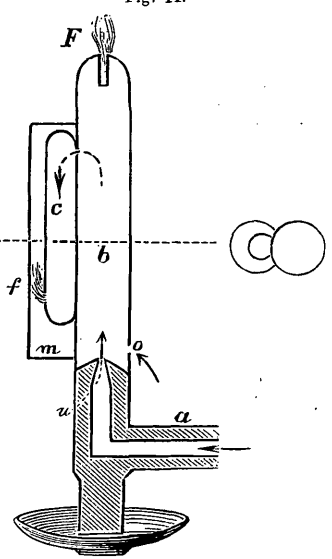
In Fig. 13 ist dieselbe Wirkung ohne Sperrflüssigkeit erreicht. Hier hebt sich der leichte Messingconus, welcher auch an der Spitze mit einer feinen Oeffnung versehen ist, so dass die Flamme nicht verlöschen kann, selbst wenn der Conus ganz an die durchbohrte Platte angedrückt wird.

Wir finden den Uebergang vom Leuchtgas zu den anderen Beleuchtungsarten am besten, wenn wir die transportable Gaslampe von Gerson Böhm etwas näher betrachten (Fig. 14).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Wenn die Lampe in Wirksamkeit ist, brennen bei *f* zwei kleine Flämmchen, welche den Mantel *m* und damit den ganzen Brenner erwärmen. Dadurch wird das aus einem Blechgefässe durch *a* zufliessende Ligroin so stark erwärmt, dass es schon am Ende des Rohres *a* vergast. Das Gas strömt durch eine feine Oeffnung bei *u* aus und steigt durch *b* zum Brenner auf. Ein kleinerer Theil findet seinen Weg abwärts durch *c* und speist die beiden Flämmchen bei *f*.

Fig. 14.



Um den Apparat in Thätigkeit zu setzen, erwärmt man den Brenner mit einer Spirituslampe und lässt das Ligroin erst zufliessen, wenn das Ende des Rohres *a* genügend heiss geworden ist.

Bei der gewöhnlichen Petroleumlampe, Oellampe, Kerze bewirkt die Leuchtflamme selbst die Vergasung. Der Docht einer brennenden Kerze saugt das geschmolzene Stearin auf und führt es der Flamme zu, durch deren Hitze es in brennbares Gas, Leuchtgas, verwandelt wird. Aehnlich wirken die Dochte der Oel- und Petroleumlampen. Daher können wir die meisten der

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

beim Leuchtgase gesammelten Erfahrungen mit Ausnahme der auf Dichte und Druck bezüglichen auch hier anwenden. In der That ist durch veränderte Construction der Oel- und besonders der Petroleumlampen deren Leuchtkraft beträchtlich gesteigert worden, wie Ihnen ein Blick in die Schaufenster der Lampenniederlagen täglich lehrt.

Gestatten Sie mir noch zum Schlusse eine Bemerkung, die sich auf die Leuchtkraft des elektrischen Bogenlichtes bezieht.

Sie Alle kennen seine grosse Intensität und werden daher begreifen, dass man sich sofort nach der Beseitigung der technischen Hindernisse daran machte, die Oellampen der Leuchtthürme durch elektrisches Licht zu ersetzen. Eine solche Oellampe giebt etwa 30—40 Kerzen, entspricht also nur 3—4 gewöhnlichen Gasbrennern. Aber sie ist mit einem ausserordentlich sorgfältig gearbeiteten Linsensysteme umgeben, welche die Lichtstrahlen nahezu auf eine Ebene concentriren, so dass diese verhältnissmässig schwache Lampe auf 6, ja auf 8 deutsche Meilen sichtbar sein kann.

Die elektrischen Lampen wurden bei klarem Wetter allerdings noch viel besser gesehen, bei Nebelwetter drangen aber die Lichtstrahlen nicht einmal so weit wie die der Oellampen.

Dies führt uns auf den Einfluss, welchen die Farbe des Lichtes ausübt. Sie wissen, dass unsere Lichtquellen nicht weisse Strahlen aussenden, sondern ein Gemenge von farbigen Strahlen, welche alle Töne vom Roth zum Gelb, vom Gelb zum Grün, Blau und Violett zeigen. In

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

dem Lichte der Oellampen überwiegen die rothen, im elektrischen Bogenlichte die blauen und violetten Strahlen. Der Nebel lässt vornehmlich die rothen Strahlen hindurch, er absorbirt die blauen und violetten, so dass das elektrische Licht weit mehr geschwächt wird als das Lampenlicht. Deshalb ist man für die Leuchtthürme wieder zur Oellampe zurückgekehrt. Es gibt somit auch Fälle, in welchen wir neben der Quantität auch die Qualität des erzeugten Lichtes einer näheren Prüfung als durch den blossen Augenschein unterziehen müssen.

Wenn ich Ihnen, meine Herren und Damen, von den Anstrengungen erzählt habe, welche man macht, um unsere Leuchtstoffe besser auszunützen, und mich wegen Mangels an Zeit vornehmlich auf das Gas beschränkt habe, so habe ich Ihnen nur ein Capitel aus jenem Kampfe ums Dasein vorgeführt, in welchem die verschiedenen Lichtquellen gegenwärtig begriffen sind. Und es unterliegt kaum einem Zweifel, dass das Leuchtgas dabei besiegt werden wird; an seine Stelle wird wahrscheinlich das elektrische Licht treten.

Dem Techniker ist es nicht erlaubt, sentimental zu werden, und so wird gewiss Niemand eine Thräne zerdrücken, wenn die Gascandelaber einst aus den Strassen entfernt werden. Aber den denkenden Menschen muss es doch mit einer gewissen Wehmuth erfüllen, wenn er sich erinnert, ein wie grosses Capital an Talent, Scharfsinn und Wissen ausgegeben werden musste, um die Gas-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

beleuchtung ins Leben zu rufen und auf die heutige Höhe zu bringen.

Die Wahrheit, welche der Gelehrte findet, bleibt ewig bestehen und bildet einen Grundstein für das weitere Fortschreiten der Wissenschaft. Die ganze, oft nicht geringer zu schätzende geistige Arbeit des Technikers geht nahezu spurlos verloren, sobald das System, dem er seine Kräfte gewidmet hat, überflügelt wird. Und es bleibt ihm nur die eine Befriedigung, der Mitwelt die materiellen Hindernisse beseitigt zu haben, welche sie in ihrem Fortschritte auf dem Wege der Cultur aufgehalten hätten.

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: 1883

Band/Volume: 23

Autor(en)/Author(s): Benedikt Rudolf

Artikel/Article: Ueber Leuchtkraft. 17-52