

Ueber
Verbrennung, Feuer und Flamme.

Von

Prof. V. KLETZINSKY.

Vortrag, gehalten am 9. Februar 1871.

Das Feuer ist als die wesentlichste Quelle der Wärme längst der Gegenstand der grössten Theilnahme und sogar einer ganz ausschweifenden Verehrung des Menschengeschlechts gewesen, wie es ja die Secte der Feueranbeter lehrt. Es wurde später, als eine mehr realistische Auffassung der Natur Platz griff, unter die damaligen Elemente eingereiht, die in früherer Zeit als Wasser, Feuer, Erde und Luft bestimmt worden waren.

Bei dem immer weitem Fortschreiten der Analyse, der Untersuchung und Erforschung der zusammengesetzten Stoffe und Körper fand man bald, dass diese Aufstellung von 4 Elementen nicht hinreichte. Man traf auf gewisse Bezeichnungen von Stoffen, die damals nicht so sehr die heutigen Elemente repräsentirten, sondern gewisse Verkörperungen von Eigenschaften. So entstanden die Elemente Salz, Merkur und Schwefel als die Prinzipien des Löslichen, Flüchtigen und Brennbareren. Immer aber noch hatte sich das Feuer behauptet in seiner elementären Weihe. Man fing endlich an, aus den Metalloxyden, die man damals Metallkalke nannte, die Metalle zu reduciren. Man dachte sich aber die Metallkalke als das Einfache, und die Metalle als

das Zusammengesetzte und vermuthete, da die Hitze es war, welche diese Reduction vollbringt, dass die Metalle selbst Verbindungen der Metallkalke und des Feuers seien. Um ein Beispiel zu wählen. Der rothe Quecksilberkalk, das Quecksilberoxyd, *mercurius ruber*, zerfällt beim Erhitzen, was man damals nicht wusste, in Sauerstoff und Quecksilber. Sauerstoff als eine durchsichtige, nicht in die Erscheinung tretende Gasart, entging den Forschern der damaligen Periode, für sie entstand also durch das Zusammenbringen von Quecksilberoxyd und Wärme das Quecksilbermetall.

Nichts war einfacher, als dass sie in den Trugschluss verfielen, zu sagen: das Quecksilbermetall ist zusammengesetzt aus Wärmestoff und aus Quecksilberkalk. Dieser Wärmestoff hiess damals *Phlogiston* und war das chemische Element des Feuers. Man konnte sich aber nicht lange dem Wägen entziehen: der Mensch musste den fühlbaren, greifbaren Stoff auch mit der Wage controlliren und da entdeckte man zur unsäglichen Ueberraschung der damaligen wissenschaftlichen Prinzipien, dass das Quecksilber leichter sei als der Quecksilberkalk, aus dem es hervorgegangen war. Statt nun nach einer gesunden Logik der Thatsachen weiterzuschliessen und die alte Anschauung als eine corrupte und unhaltbare fallen zu lassen und zuzugestehen, dass das Quecksilber somit einfacher sein muss, weil es leichter ist und der Quecksilberkalk zusammengesetzt, weil er schwerer ist, fand man sich mit einer Abstraction in einer ganz eigen-

thümlichen Fiction ab und erklärte: das Phlogiston, das Element des Feuers, besitze eine negative Schwere, d. h., ein Bestreben, sich vom Erdmittelpunkte in's Unendliche zu entfernen. Unterstützt ward diese Fiction scheinbar durch die Thatsache, dass die Wärme die Körper wirklich ausdehnt und leichter macht und gleichsam die Grundursache aller Expansion und Abstossung ist. Jetzt war die alte Theorie wieder gerettet, es war noch immer das Quecksilber das Zusammengesetzte, und der Quecksilberkalk, das Oxyd, das Einfache, obwohl er schwerer war, weil die Einbusse an Gewicht durch das Hinzutreten eines Körpers erklärlich schien, der ein negatives Gewicht besitze. Dass die Vorstellung eines Elementes, eines Körpers mit negativem Gewichte ein Nonsens, eine Thorheit sei, das wurde erst später durch die Fortschritte der wägenden und messenden Wissenschaft klar und hatte Stahl namentlich in der Neige des vorigen Jahrhunderts noch allen Scharfsinn der Dialektik verschwendet, um diese Fiction eines negativ schweren Phlogistons oder Wärmestoffes aufrecht zu erhalten. Bald nachdem Scheele, ein deutscher Chemiker, der in Holland lebte, und gleichzeitig, obwohl unabhängig von ihm, Priestley in England den Sauerstoff als eigenthümliche Gasart und als chemischen Grundstoff nachgewiesen hatten, studirte der berühmte französische Chemiker Lavoisier die Verbrennung; es zeigte sich bei diesem Studium der Verbrennung durch Prozesse, welche er in geschlossenen, genau gewogenen Apparaten auf das Mannigfaltigste

variirte, dass die Produkte der Verbrennung stets schwerer seien als die verbrannten Körper, und zwar um ein Gewicht, welches genau dem Gewichte der bei der Verbrennung verschluckten Luft gleichkam; es wurde durch diese meisterhaft durchgeführte Arbeit Lavoisier's, welche die Grundlage der modernen, wägenden Wissenschaft zu nennen ist, festgestellt, dass der gewöhnlichste Act der Verbrennung, nämlich der Oxydation, nichts anderes sei, als die Verbindung irgend welcher chemischer Elemente mit dem Sauerstoffe.

Später wurde dieser Begriff der Verbrennung verallgemeint und wir wissen heutzutage, dass Verbrennung jede chemische Verbindung zweier oder mehrerer Grundstoffe sein kann, welche mit so viel Kraft, mit so viel Energie erfolgt, dass dabei Licht und Wärme frei werden. — Die wesentlichen Quellen der Wärme sind die Bewegungen der Moleküle oder die der Atome. Sind Bewegungen der Moleküle die Quelle der Wärme, so resultirt sie aus der sogenannten Reibung. Sind die Bewegungen der Atome die Quelle der Wärme, so resultirt sie aus der Verbrennung. Wenn nämlich die Bewegung bis auf's Atom übergreift, wenn sich die Atome aus ihrem molecularen Gleichgewichte vorübergehend freimachen, in wirbelnde Bewegung gerathen und sich mit neuen Atomen zu neuen Molekülen paaren, so ist diese ganze, äusserst heftige Bewegung von dem Freiwerden der Wärme begleitet. Es scheint, dass in gewissen Fällen, wenn die Elongation dieser Schwing-

ungen, wenn die Heftigkeit der Pendelbewegung der Atome, wenn also die Intensität dieser ganzen Bewegungserscheinung ein gewisses Mass erreicht, das Leuchten entsteht, Licht ausbricht und in die Ferne wirkt, und dann haben Sie das ganze Bild der Verbrennung, gleichviel, was für Atome jetzt materiell in Beziehung treten. Es hat Mühe gekostet und es hat lange gedauert, bis es gelungen ist, den Sauerstoff, diesen Zünder par excellence, aus der Verbrennung auszuschliessen und Verbrennungserscheinungen hervorzurufen, die ohne allen Sauerstoff erfolgen, aber es ist auf das Präciseste und Schlagendste gelungen. Wenn man Brom, einen Grundstoff aus der Familie der Salzbildner, einen dem Chlor analogen, erstickend riechenden Körper, der bei gewöhnlicher Temperatur eine dunkelbraune Flüssigkeit bildet, aber bei höherer Wärme sehr leicht in ein dunkelbraunes Gas sich umwandelt, wenn man dieses Brom in einen Glaseylinder gibt, so dass der allmählig entstandene Bromdampf die im Cylinder enthaltene Luft völlig verdrängt, und man streut gepulvertes Antimonmetall in diesen Cylinder, so glimmen die einzelnen Späne, die einzelnen Partikelchen des Antimons mit einem rothen Lichte, indem Wärme und Licht frei werden ohne jegliche Luft, ohne jeglichen Sauerstoff. Es verbrennt das Antimon im Bromdampf zu Antimonbromid. Die Verbrennung ist also an folgende Momente geknüpft: Das erste Merkmal dieses Begriffes ist die chemische Verbindung zweier oder mehrerer Grundstoffe unter-

einander. Als Corollarie dieses Merkmals gilt weiter der Satz, dass ein Körper nie für sich allein verbrennen kann. Der brennbarste inflammabelste Körper ist unfähig zu brennen, wenn ein zweiter Körper ihm fehlt.

Im Vacuum gibt es kein Feuer, wenn nicht mehrere Stoffe in das Vacuum eingeführt werden; das brennbarste Element im Vacuum, welches immer für einen Hitzegrad es erfährt, selbst äusserlich künstlich bis zum Glühen erwärmt, ist unfähig zu verbrennen.

Man kann den Phosphor in einer luftleeren Röhre bis zum Glühen erhitzen, ohne dass er verbrennt, denn die Verbrennung ist nach ihrer Begriffsbestimmung eine chemische Verbindung; die chemische Verbindung braucht aber Atome zweierlei Art; Elemente enthalten aber nur Atome einerlei Art, folglich kann ein Element für sich allein nie verbrennen, wenn ihm nicht ein zweites Element als Zünder geboten wird.

Das zweite Merkmal des Begriffes „Verbrennung“ besteht darin, dass Wärme und Licht frei werden müssen.

Wärme erzeugt jede chemische Verbindung ausnahmslos. Das Eisen eines Thürbeschlages, welches langsam an feuchter Luft verrostet, erzeugt nicht nur Wärme während des ganzen Verrostungsprozesses, sondern es erzeugt sogar genau so viel Wärme, als es erzeugt hätte, wenn es brillant im Sauerstoffe verbrannt worden wäre. Freilich entgeht uns diese Wärme, sie verflüchtigt vor der Beobachtung,

weil der ganze Prozess, der im Sauerstoff sich in einigen Secunden abwickelt, auf Wochen und Monate hinein durch die Zeit verdünnt erscheint.

Die blosse Entwicklung von Wärme also, die an jeden chemischen Prozess ausnahmslos geknüpft ist, bildet noch nicht den Begriff der Verbrennung; es muss sich diese Wärme in Raum und Zeit mit solcher Vehemenz anhäufen, dass ihre brandenden Wellen als „Lichtstrom“ ausbrechen. Dann sagt der Laie (und mit ihm auch der Gelehrte): „der Körper verbrennt“.

Alles, was sich chemisch entmischt oder was sich chemisch verbindet, muss ja nothwendig eine Bewegung der Atome vollziehen und mit jeder Bewegung der Atome ist Wärmeentwicklung verknüpft. Es ist daher auch die Eigenwärme der lebenden Organismen eine nothwendige Folge dieses Gesetzes. Das Wesen des Lebens beruht ja, vom chemischen Standpunkte aufgefasst, auf einer fortwährenden inneren Umwandlung von Stoffen; Umwandlung von Stoffen ist ohne Bewegung der Atome nicht denkbar und Bewegung der Atome ist ohne Wärme unmöglich. Es muss daher der blosse Vorgang des Lebens selbst nothwendigerweise eine Quelle der Wärme sein.

Allerdings betheiligen sich auch die Moleküle der Körper (die zu Molekülen vereinigten Atomenketten) an der Wärmeentwicklung. Wenn die Moleküle eines gelösten Stoffes den starren Zustand wieder eingehen, wenn sie krystallisiren, wird immer Wärme frei, wenn

Dämpfe sich zu Flüssigkeiten verdichten, wird immer Wärme frei, und umgekehrt wird Wärme gebunden, wenn starre Körper sich auflösen, oder wenn flüssige Körper verdampfen. Die eigenthümliche Milde, die gewöhnlich den ersten Schneefall begleitet, ist ein Resultat des Starrwerdens von vielen Wasserdampftheilchen. Wenn der Wasserdampf erstarrt, so muss er seine latente Wärme abgeben, die dazu gedient hat, die Moleküle des Wassers in Gasform zu erhalten. Wenn hingegen selbst bei beginnendem Lenze, wenn die Witterung nicht mehr so eisig ist, Massen von Schnee und Eis zerthauen, macht sich ein unheimliches Frösteln fühlbar und eine Erniedering der Temperatur, weil das Zerfliessen des starren Schnees und Eises zu flüssigem Wasser Wärme bindet, was wir mit dem Gemeinplatze ausdrücken: „Es wird Kälte frei.“

Eine eigenthümliche Form der Verbrennung ist die „Flamme“.

Die Flamme ist brennendes Gas. Im ersten Augenblick glaubt der Laie darin grosse Widersprüche zu bemerken. Es gibt eine Menge Körper, die starr und flüssig sind und doch mit Flamme brennen, aber alle diese starren und flüssigen Körper brennen nur dann mit Flamme, wenn ihnen Gelegenheit geboten ist, entweder sich ganz in Gas umzuwandeln oder durch Selbstentmischung Gase zu entwickeln.

Dasjenige, was am Holze mit Flamme verbrennt, ist dasselbe, was wir Holzgas nennen, welches bei der trockenen Destillation des Holzes neben Theer, einer

dunkelbraunen, dicken, und neben Holzgeist, einer wässrigen, geistig riechenden, brenzlichen Flüssigkeit, entsteht.

Erkühlt man Alkohol so stark, dass er zu verdampfen aufhört, so kann man in dem stärksten absoluten Alkohol einen brennenden Span wie im Wasser auslöschten. Alkohol hat seine Fähigkeit verloren, mit Flamme zu verbrennen, weil er kein Gas bilden kann.

Es steht also, wenn Sie mit der scrupulösesten Genauigkeit der Wissenschaft untersuchen, schliesslich der Satz fest, dass es überall dort, wo sich wirklich Flamme zeigt, auch stets ein Gas ist, welches brennt. Entweder ist der unzersetzte Körper fähig, als Ganzes zu verflüchtigen, so dass sein Dampf dann verbrennt, oder der Körper wird entmischt und entwickelt aus seinem Innern, bei seiner Zersetzung brennbare Gasarten. Lassen Sie gewöhnliche brennbare Luft, z. B. Leuchtgas, aus einer Röhre ausströmen, so wird selbstverständlich, wenn wir von allen andern Differenzen, allen andern Zufälligkeiten absehen, entsprechend dem Querschnitt der Röhre, aus welchem das Gas ausströmt, eine cylindrische Gassäule aufsteigen — ich will die Diffusion ausser Acht lassen. — Das Gas sei spezifisch leichter als die Luft (das vorausgesetzt, denn fast alle brennbaren Gase sind dies). Aus dieser Oeffnung ausströmend, müsste es daher als eine gerade Säule emporsteigen, als ein Cylinder von Luft von dem Querschnitt des Ausströmungsgefässes. Nun zünden wir das Gas an, was wird die Folge sein?

Die Verbrennung des Gases muss eine chemische Verbindung des brennbaren Gases mit einem andern Elemente sein nach unseren Grundgesetzen der Verbrennung, und zwar ist dies für die gewöhnlichen Fälle der Sauerstoff. Indem ich das Gas entzünde, wirkt von der Seite der rings herum befindliche Sauerstoff auf die Seiten des Gases ein und verzehrt das Gas. Zerlegen Sie sich diesen Prozess in einzelne Zeittheilchen, so wird selbstverständlich im nächsten Momente der Sauerstoff schon einen Theil des Gases verzehrt haben, es wird daher die Säule nicht mehr so breit sein können; im nächsten Moment wird wieder ein Theil des Gas-cylinders verzehrt sein, u. s. f., so dass sich die Flamme zusammenziehen muss. Daraus ergibt sich eine Form des brennenden Gases, die man Zunge, Kegel, Pyramide nennt. Weil die brennbaren Gase in der Regel, insbesondere wenn sie sich erwärmen, leichter sind als die atmosphärische Luft, muss die Flamme nach aufwärts brennen, und weil das Brennen selbst den Vorrath des Gases verzehrt, muss sich der ursprüngliche Cylinder oder die Säule zum Kegel oder zur Pyramide verjüngen. Wenn wir untersuchen, was denn in einer solchen Flamme vorgeht, so bemerken wir drei ganz bestimmt zu unterscheidende Kegel: einen äusseren, einen mittleren und, da diese beiden hohl sind, einen inneren soliden Kegel. Der solide Kegel enthält den Vorrath des noch nicht verbrannten Gases, der äusserste Kegel, der am mindesten sichtbar und am heissesten ist, bildet den feinen Saum, der die Flamme

umhüllt. Es ist kein unversehrter, ganzer Kegel, seine Mantelfläche ist nicht undurchlöchert, sondern an vielen Stellen eingerissen und durchlöchert. In diesem äussersten Mantel des Kegels, in diesem äussersten Hohlkegel herrscht die vollkommenste Verbrennung; da siegt der Sauerstoff der umgebenden Luft über das brennbare Gas und zehrt dasselbe vollkommen auf, wandelt es in die höchste Oxydationsstufe um und wenn wir das chemisch reine Leuchtgas (Elaylgas), bestehend aus Kohlenstoff und Wasserstoff, als concretes Beispiel in's Auge fassen, so verbrennen von diesem Gase beide Elemente rückstandslos im äusseren Mantel des Kegels: es wird aus dem Kohlenstoff Kohlensäure, aus dem Wasserstoff Wasser gebildet. Durch die in Folge der Heftigkeit der Bewegung zerrissene, lückenhafte Mantelfläche dieses äussersten Kegels leckt genäschig der Sauerstoff der Luft hinein auf den zweiten Kegel. Dieser Luftzutritt ist schon gehemmt, unterdrückt, in Raum und Zeit vielfach unterbrochen, unvollkommen. Da besiegt und bewältigt der Sauerstoff nicht mehr völlig das Gas, er vermag da nur Einiges zu leisten und muss sich mit untergeordneten Erfolgen begnügen. Wenn eine Wahl von Elementen gegeben ist, wie in unserem Falle des Leuchtgases, so wird sich der Sauerstoff den Wasserstoff zum Opfer auserlesen, da dieser brennbarer ist als Kohlenstoff. Er wird noch im Stande sein, Wasserstoff zu Wasser zu verbrennen, aber er genügt nicht mehr, um den Kohlenstoff vollständig zu verbrennen. Der seines Wasserstoffs beraubte Kohlenstoff scheidet sich

in seinen Atomen aus, die Atome gruppieren sich zu Molekülen; diese Moleküle von fein vertheiltem Kohlenstoff, die wir praktisch Russ nennen, flattern in dem Kegel und werden durch die strahlende Wärme des Prozesses bis zum Weissglühen erhitzt und leuchten; das ist der sogenannte Leuchtkegel der Flamme, während der äussere Kegel der Brennkegel der Flamme ist. Hier ist dem Sauerstoff eine Grenze gesetzt; zu dem Innern des Gaskegels kann der Sauerstoff nicht eindringen und daher herrscht im Innern der Flamme selbst gar keine Verbrennung, da ist nur heisses, aber nicht brennendes Gas, denn man muss sich nur erinnern an unsere frühere Behauptung, dass auch der brennbarste Körper nicht verbrennen kann, wenn ihm der Zünder fehlt. Wir können auf einfache Weise zeigen, dass im Innern des Leuchtkegels keine Verbrennung stattfindet. In den innern Raum der Flamme einer Argand'schen Lampe, eines Gasringbrenners, bringe ich ein Schälchen mit Phosphor, und man wird sehen, dass der Phosphor nicht brennt, obwohl er von der Hitze des soliden Gaskegels geschmolzen wird. Verlösche ich die Lampe, oder bewegt der Luftzug die Flamme stark auf die Seite, in beiden Fällen kommt der geschmolzene Phosphor mit Luft in Berührung und verbrennt in Folge dessen. Hiermit ist also der Beweis geliefert, dass das Brennen auch der brennbarsten Körper abhängt von der Gegenwart eines Zünders.

Ja noch mehr! Die Verbrennung ist sogar unabhängig von dem Sauerstoffe der Luft. Das beweise ich

durch Brom. Gibt man in einen Glascylinder Bromflüssigkeit, so entwickeln sich im Cylinder allmählich Bromdämpfe, welche die Luft vollständig verdrängen. Trägt man nun in diese Bromdämpfe gepulvertes Antimonmetall ein, so verglimmt dasselbe zu Antimonbromid.

Es ist dies ein Beweis, dass die Verbrennung auch bei Abschluss der Luft möglich ist.

Wir haben in dem Wasserstoffgase ein Mittel, uns genau über das Leuchten der Flamme zu unterrichten:

Die Wasserstoffflamme ist die heisseste Flamme, die wir haben, sie erzeugt eine Temperatur von 1000° und darüber.

Die Flamme wäre kaum sichtbar, wenn sie nicht durch ihre furchtbare Hitze die Glasränder der Röhre zersetzen würde, wobei immer etwas Natron aus dem Glase verflüchtigt. Das Natron färbt die Flamme gelb.

Die Flammzunge entsteht aus der Verzehrerung der Wasserstoffsäule durch den sie umgebenden Sauerstoff der Luft, es ist eine vollkommene Verbrennung. Wie kommt es nun, dass diese Flamme nicht leuchtet? Aus dem ganz einfachen Grunde, weil Flammen als solche gar nie leuchten, sondern die in der Flamme schwebenden starren Körper, die darin weissglühen. Wenn man nun in diese heisse Flamme des Wasserstoffgases Kohlenstoff einführen könnte, welcher im Innern der Flamme zwar

glüht, aber nicht verbrennt, so müsste die Flamme leuchten.

Dies kann man zeigen, indem man in diese Flasche der Wasserstoffentwicklung Benzin oder Benzol ein-gießt, wobei wir sogleich wieder den abgeschiedenen Kohlenstoff in der bekannten Russform auftreten sehen.

Die Verbrennung ist nicht nur unabhängig von einer bestimmten Qualität des Elements, sondern sie ist noch weit mehr unabhängig von der Luft. Die Luft ist nur der gewöhnlichste Träger des Sauerstoffes, wir haben noch einen andern Träger des Sauerstoffes im chlorsauren Kali. Dieses Salz enthält nach der neuen Auffassung drei Atome (nach der alten sechs Aequivalente) Sauerstoff.

Trage ich dieses starre Salz, welches den gewöhnlichen Bestandtheil der Raketensätze bildet, in einen Cylinder und giesse darauf gewöhnliches destillirtes Wasser, so ist die Luft vollständig von dem Salze abgeschlossen. Ich lasse nun ein Stückchen Phosphor in den Cylinder zu dem chlorsauren Kali fallen; nun ist auch der Phosphor von der atmosphärischen Luft getrennt, ruht aber auf einer Unterlage, die möglicherweise Sauerstoff abgeben kann; jetzt ist dieselbe im Zustande der Trägheit; jetzt thut sie das nicht, aber ich kann sie aus diesem Trägheitszustande aufrütteln, indem ich Schwefelsäure in den Cylinder giesse. Die Schwefelsäure, das weisse Vitriolöl, ist eine sehr kräftige chemische Potenz, sie ist eine so starke Säure, dass sie die Mehrzahl

anderer Säuren verdrängt — denn in der Natur hat überall der Stärkere das Recht. Die Schwefelsäure verdrängt also die Chlorsäure, es entsteht schwefelsaures Kali, die frei gewordene Chlorsäure ist eine äusserst labile Verbindung, die kein Gleichgewicht bewahren kann, und dann schon gar nicht, wenn sich ihr der entzündliche Phosphor gegenüber befindet: dann zerfällt sie in Chlor und Sauerstoff und der freiwerdende Sauerstoff inflammiert den Phosphor unter Wasser, abgesperrt von aller Luft. Durch diesen einfachen Versuch, der sich ohne Gefahr ausführen lässt, gewinnt man Einsicht in das Princip der unterseeischen Brander, solcher Mischungen, die unter Wasser versenkt dennoch brennen, weil sie selbst ihren starren Zünder mitbringen. Man kann sich nämlich das chlorsaure Kali und ähnliche Körper als starre Luft vorstellen, die (bei unserem Versuche z. B.) durch die Schwefelsäure frei wird.

Allgemein gilt Wasser als das gewöhnlichste Löschmittel des Feuers. Prüfen wir einmal diesen Ruf; worauf beruht denn die Wirkung des Wassers, Feuer zu löschen. Diese Wirkung beruht auf zwei wesentlichen Umständen. Einmal auf der starken Abkühlung und das andere Mal auf der Absperrung von der Luft, von dem natürlichen Zünder. Wenn man den brennenden Körper plötzlich wie durch einen Zauber, wie auf Commando von dem Zünder absperren könnte, so müsste er verlöschen, denn für sich allein kann Nichts brennen; nun ist bei fast allen gewöhnlichen Verbrennungen der Sauerstoff der Zünder.

— Könnte man daher plötzlich den Körper ausser allen Contact mit der Luft setzen, so müsste er verlöschen, vorausgesetzt, dass er nicht sein eigener Sauerstoffträger ist, wie hier das chlorsaure Kali. Könnte man den brennenden Körper ferner so weit abkühlen, dass die Beweglichkeit der Atome erlischt, so erlöse auch er; die Kälte macht starr, träge; bei ausserordentlich tiefen Kältegraden ist keine Bewegung mehr möglich; wenn die Atome sich nicht bewegen können, so können sie auch nicht die zur Verbrennung nöthige Wärme erzeugen; alle diese Wärme wird von der Kältemischung absorbirt, verzehrt. Also auch Abkühlung ist ein Löschmittel des Feuers.

Nach beiden Richtungen hin wirkt das Wasser; es kühlt die Brandstätte ab und schneidet sie wenigstens für Augenblicke von der Luft ab. Es wird darum auch das Löschen mit Wasser nur dann praktisch sein, wenn man das Feuer, technisch gesagt, ersäufen kann. In helllodernde Brandstätten dünne, kleine Strahlchen Wassers zu spritzen ist vom Uebel; da nährt das Wasser das Feuer, denn es wird in den Kreis der Zersetzung hineingerissen, in Dampf verwandelt, in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten, so dass der Sauerstoff den Brand als Zünder, der Wasserstoff denselben als Brenner nährt, wie man denn faktisch auch das Wasser in neuerer Zeit heranzieht zur Beleuchtung und Beheizung, indem man dasselbe in Dampfform über glühende Kohlen leitet, es zur Zersetzung zwingt, und dann die entstandenen Gase weiter benützt.

Dass das Wasser kein absoluter Gegner des Brennens ist, kann durch folgendes Experiment klar gemacht werden.

In ein Schälchen Wasser trägt man das Metall ein, welches einen Bestandtheil der Pottasche bildet, das Kalium, welches an der Luft ausserordentlich schnell oxydirt, so dass es unter Steinöl aufbewahrt werden muss. Dieses Metall entzündet sich sogleich und verbrennt im Wasser selbst mit violettem Lichte zu Kalilauge. Man sieht aus diesem Versuche, dass das Wasser nur tüchtig gepackt werden muss, um selbst ins Brennen zu gerathen.

Kalium, ein äusserst basischer Grundstoff, ein Grundstoff, der in der Elementenreihe fast der Gegner des Sauerstoffes ist, hat noch grössere Verwandtschaft zum Sauerstoffe, als der Wasserstoff, und weil, wie schon gesagt, das Recht des Stärkeren überall in der Natur herrscht, so nimmt das Kalium den Sauerstoff des Wassers für sich in Anspruch und exilirt oder deplacirt den Wasserstoff. Bei dieser Umwandlung ist eine Bewegung der Atome unvermeidlich und dies erfolgt mit soviel Kraft und Energie, dass dabei Licht und Wärme frei werden, dass wir sagen: Kalium brennt auf dem Wasser; es brennt auf dem Wasser, weil es das specifische Gewicht des Korkholzes hat, weil es von Natur aus als äusserst leichtes Metall auf dem Wasser schwimmt. Der freiwerdende Wasserstoff entzündet sich an der glühenden Kugel des Kaliums und bildet die

Flamme und diese färbt sich violett von dem verflüchtigen und verbrennenden Kalium.

Körper, welche in Flammen verbrennen und verflüchtigen, färben die Flamme sehr häufig.

Um solche Flammenfärbungen zu sehen, bedient man sich der sogenannten Bunsen'schen Lampe.

So erlaubt eine von Natriummetall orange-gelb gefärbte Flamme eine sehr interessante Beobachtung; ein mit Jodquecksilber scharlachroth gefärbtes Papier verliert in der Natriumflamme seine Farbe gänzlich.

Diese farbigen Flammen hat man in der Wissenschaft längst gekannt und benutzt als Mittel zur Erkennung der Elemente, bis Bunsen und Kirchhoff auf die interessante Wahrnehmung kamen, diese gefärbten Flammen durch ein Prisma zu analysiren, um zu untersuchen, ob alle Farben der Flammen einfach seien, und man hat gefunden, dass man oft diese Farben in ihre Bestandtheile zerlegen kann, und hat dadurch eine ganze Reihe von Bildern, die sogenannten Spectrallinien der Elemente, die sich nachher wieder als Frauenhofer'sche Linien entpuppten, gefunden. Diese dunklen Linien des Sonnenspectrums sind nichts anderes, als ausgelöschte Spectralbilder der in der Sonnenatmosphäre enthaltenen Körper. Die Spectralanalyse ist also ein Mittel geworden, um die Elemente der in unermesslichen Fernen schwebenden Sterne zu untersuchen.

Das Natrium liefert ein optisch ganz einfaches Licht und besitzt als Spectralbild eine einzige

gelbe Linie auf sonst ganz dunklem Felde, während manche Elemente mit zahlreichen prachtvollen Linien prangen.

Viele Elemente ist man mit grosser Präcision im Stande, bloß aus der Färbung der Flamme zu diagnosticiren.

Ein anderes Beispiel der Flammenfärbung bildet das Strontium, welchem eine rothe Färbung der Flamme und ein buntes, bestimmtes Spectralbild gebührt.

Ein anderes flammefärbendes Element ist der Baryt, welcher brillant gelb-grün brennt. — Am prachtvollsten grün brennt das Thallium. Interessant ist in dieser Beziehung, dass schon die Spanier nach den alten Aufzeichnungen der Conquistadoren so verwundert waren über das prachtvolle, grüne Feuer, welches auf den Altären der mexikanischen Götzen brannte und welches durch die Verbrennung der wahrscheinlich thallium-hältigen mexikanischen Kiese erzeugt wurde.

Leider hat dieses Metall, welches von L'Ami und Crookes entdeckt wurde, noch fast den doppelten Preis des Goldes. Es ist durch die Spectralanalyse gefunden worden, indem man den grauen Flugstaub gewisser Bleikammern der Spectralanalyse unterzog und die grüne Färbung der Flamme bemerkte.

Ich kann nicht umhin, auf den Dimorphismus des beim Natriumexperimente verwendeten Jodquecksilbers hinzuweisen, Erhitzt man das früher erwähnte, durch Jodquecksilber scharlachroth gefärbte Papier, so wird es gelb, der Körper hat sich dabei chemisch nicht

geändert; roth ist er prismatisch krystallisirt und gelb rhomboëdrisch. Die Stelle bleibt auch nach der Erkaltung gelb und berühren wir diesen gelben Körper etwas stark, so antwortet er durch das abermalige Rothwerden. Unter dem Mikroskop ist diese Erscheinung prachtvoll zu sehen.

Man kann natürlicherweise die gefärbten Flammen auch auf andere Weise produciren.

A s b e s t, ein lockeres, wolliges, mit Baumwollzusatz selbst verwebbares, feuerfestes, von Säuren unangreifbares Mineral, wird jetzt als Dochtsubstanz benutzt und mit dem betreffenden Lösungsmittel übergossen. Begießt man diesen Asbest mit Chlorlithiumlösung in Alkohol, so färbt sich die Flamme dieses angezündeten Gemisches eigenthümlich purpurroth, bei einer Lösung von Chlorkupfer in Alkohol blau-grün und bei einer Kochsalzlösung gelb. — Es leuchten wieder die Theilchen von Natrium, Lithium oder Kupfer, welche in der Flamme verbrennen und verflüchtigen; sie verleihen derselben die bestimmte Färbung.

Die Natriumflamme hat ausser der merkwürdigen Veränderung, die sie auf das Scharlachroth des Jodquecksilbers ausübt, noch die interessante Eigenschaft, das Colorit des menschlichen Gesichtes derart zu wechseln, dass es einen so grausigen Eindruck macht, als ob man eben aus dem Grabe gestiegen sei, und das ist von Teufels-Beschwörern und Gauklern benützt worden, um die leichtgläubigen Gemüther in die gehörige Verfassung zu versetzen.

Man kann auf eine einfache Weise constatiren, dass eine hinreichend starke Abkühlung das Brennen factisch unmöglich macht. Man stellt auf eine Kältemischung (z. B. Eis und Bittersalz) eine Platinschale mit absolutem Alkohol. Ist der Alkohol hinreichend kalt, so wird er nicht brennen; während er sonst mit der grössten Leichtigkeit Flamme fängt und brennt, thut er dann seine Schuldigkeit nicht mehr, weil die Atome zu starr und unbeweglich geworden sind. Was eigentlich die Anzündungstemperatur vermittelt und die schliessliche Entflammung veranlasst, das ist die immer zunehmende Verbindung zwischen kleinen Partien von Brenner- und von Zünderatomen. Ein sehr schneller Beweis für diese Behauptung ist folgender: Man befeuchtet ein Filter mit etwas Auflösung von Phosphor in Schwefelkohlenstoff. Letzterer ist eine äusserst flüchtige Flüssigkeit; diese verdunstet nun schnell von dem Filter und eine feine Schichte von Phosphor bleibt auf demselben zurück; jetzt verschluckt derselbe fortwährend den Sauerstoff der Luft, steigert dadurch seine Wärme, entzündet sich endlich und verbrennt. Das ist ein Fall von Selbstentzündung, die darauf beruht, dass der seines Lösungsmittels beraubte Phosphor, der in feinsten Vertheilung in dem porösen Papier zurückbleibt, wie ein Schwamm den Sauerstoff aus der Luft einsaugt, sich in kleinen Partien damit chemisch verbindet; die dabei erfolgende Bewegung der Atome erzeugt Wärme, diese nimmt zu, bis der Wirbel der Bewegung so arg wird, dass er ausbricht, fern wirkt, dass Licht frei wird, dass

der Körper brennt. Eine Selbstentzündung eines wenn auch noch so krankhaft veränderten Leibes des lebenden Menschen gibt es nicht. Man hat viel darüber gefabelt, aber die Wissenschaft, die exact und kritisch alle Verhältnisse geprüft hat, konnte in keinem Falle die Selbstentzündung constatiren.

Das Wasser, das der menschliche Körper in ungeheurer Masse mit sich führt, ist ein zu trefflicher Absorptionsfactor der Wärme.

Eine Selbstentzündung kann aber in folgenden Fällen eintreten: feuchtes Heu kann sehr gefährlich werden, ebenso Schafwolle, die theils feucht, theils mit Fett getränkt ist; es können diese Massen, wenn sie in Haufen aufgeschichtet liegen, Sauerstoff so sehr aufsaugen, dass, wenn plötzlich die Masse aufgerüttelt wird und ein frischer Luftstrom hinzutritt, Flammen aufschlagen und wahrhafte Selbstentzündung eintritt.

Die brillianteste Lichtentwicklung in Flammen geben Körper, die ausserordentlich weiss glühen. Wenn man eine Wasserstofflamme, mit Sauerstoff anbläst, so zieht sie sich zwar in ihrem Volumen zusammen, aber die Hitze nimmt fabelhaft zu, sie erreicht nahezu 2000°. Wenn man in diese kaum sichtbare Knallgaslamme einen Cylinder aus einer nicht verflüchtenden Masse (Titansäure, Zinkonerde, Zinkoxyd, Kalk, Magnesia) hält, die aber sehr weiss glüht, so kann man sich eine ungemein helleuchtende Flamme (für Mikroskope, Camera lucida, Dissolving views etc.) erzeugen. Von diesem Drummond'schen Lichte hat namentlich der Photo-

graph Monkhoven geniale Anwendung gemacht und dadurch bei photographischen Aufnahmen das Tageslicht zu ersetzen gewusst.

Während unser gewöhnliches Gaslicht zum Photographiren untauglich ist, weil es keine chemisch wirksamen, aktinischen Strahlen enthält, liefern diese Körper eine Masse des chemisch wirksamen, übervioletten Lichtes.

Am allerblendendsten wird aber die Lichterscheinung sein, wenn man das Magnesiummetall selbst im reinen Sauerstoffe verbrennt, wobei die Lichtintensität ein Neuntel des Sonnenlichtes erreicht.

Gestatten Sie mir, im Glanze dieser improvisirten, chemischen Sonne meinen Vortrag über Feuer und Flamme zu schliessen.

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: 1871

Band/Volume: [11](#)

Autor(en)/Author(s): Kletzinsky Vinzenz

Artikel/Article: [Ueber Verbrennung, Feuer und Flamme. 475-499](#)