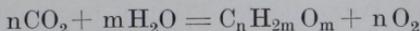


meinen Formel $C_n H_{2m} O_m$ um, während zu gleicher Zeit Sauerstoff frei wird.



Die wichtigsten dieser Kohlenwasserstoffe sind die Zellulose, die Stärke und die Zuckerarten. Zellulose und Stärke besitzen die Formel $C_6 H_{10} O_5$.

Die Synthese der Kohlenwasserstoffe benötigt eine kolossale Energiemenge, die Bildung eines Moleküls Zellulose erfordert ungefähr 680 400 Kalorien; diese Energie wird durch die Sonnenstrahlen geliefert. Die am Tage stattfindende Atmung der Pflanzen ist also die Ursache einer Entwicklung von Sauerstoff. Für diesen Vorgang ist die Anwesenheit des Chlorophylls unumgänglich nötig.

Es ist zu beachten, daß in den Pflanzen auch Oxydationen vor sich gehen, die Kohlensäure erzeugen, doch ist diese Entwicklung unbedeutend neben der Sauerstoffs. Während der Nacht findet keine Sauerstoffbildung statt, die Pflanzen atmen nur Kohlensäure aus.

Die Tiere nehmen die Kohlenwasserstoffe auf und oxydieren sie. Dieser exothermische Vorgang liefert die für ihr Bestehen notwendige Energie, da ihr Leben exothermisch ist. Die Pflanzen sind im Gegenteil der Sitz endothermischer Vorgänge und empfangen die für deren Bildung notwendige Energie von der Sonne. Die Pflanzen dienen uns als Nahrung und auch als Brennstoff, teils direkt, teils durch ihre fossilen Produkte. Es geht daraus hervor, daß in letzter Linie die ganze Energie, die an der Oberfläche der Erde zur Verwendung gelangt, uns von der Sonne geliefert wird.

Die Flamme.

389. Die Natur der Flamme. Die Flamme ist eine Lichterscheinung, die man beobachtet, wenn Gase sich verbinden und durch die bei ihrer chemischen Verbindung entwickelte Wärme ins Glühen geraten. Die festen oder flüssigen Körper, die mit Flamme verbrennen, sind die, aus denen bei der Temperatur der Entzündung flüchtige, brennbare Verbindungen entstehen. Nicht flüchtige Körper wie Eisen, Koks, Graphit brennen ohne Flamme; Petroleum, Öl, Paraffin verflüchtigen sich dagegen teilweise bei der Entzündungstemperatur. Es entsteht eine Flamme, deren Temperatur eine fortwährende Verflüchtigung des flüssigen Brennstoffes veranlaßt, mit dem der Docht getränkt ist. Holz und Kohle werden durch die Wärme zerlegt unter Bildung flüchtiger Verbindungen, die mit Flamme verbrennen, während ein nicht flüchtiger Rückstand von Kohle verbleibt. Hört die Entwicklung flüchtiger Stoffe auf, so verschwindet die Flamme, man beobachtet nur noch das Glühen der Kohle, die sich mit dem Sauerstoff vereinigt.

Gewöhnlich ist eins der Gase, die an der Verbrennung beteiligt sind, der Sauerstoff, aber auch andere Gase können die Erscheinungen einer Verbrennung mit Flamme verursachen. So brennt der Wasserstoff mit fahlgrüner Flamme in einer Chloratmosphäre unter Bildung von Chlorwasserstoff.

Bei der Mehrzahl der Flammen strömt das eine Gas in eine Atmosphäre des anderen, und die Flamme entsteht an der Berührungszone, deren Form die der Flamme bestimmt. Das erste Gas ist das brennbare, das zweite das die Verbrennung unterhaltende. Gewöhnlich ist dies die Luft; man sieht aber ein, daß man die Verhältnisse umkehren kann, und daß man einen Luft- oder Sauerstoffstrom in einer Atmosphäre von Wasserstoff oder Leuchtgas zur Verbrennung bringen kann. So erhält man eine umgekehrte Flamme.

Bei der folgenden Anordnung kann man eine solche Flamme erzeugen (Fig. 57). Durch einen unten verschlossenen Lampenzylinder gehen 2 Röhren T und T_1 hindurch, deren Mündungen sich in gleicher Höhe befinden. T ist mit der Gasleitung verbunden, T_1 mündet frei in die Luft. Man nimmt den Zylinder weg und zündet das Gas an, dessen Ausströmen man so regelt, daß eine kleine Flamme brennt. Darauf setzt man den Zylinder wieder auf den Stopfen. Die durch T_1 einströmende Luft ermöglicht die Verbrennung des Gases. Vermehrt man dann allmählich den Zutritt des Gases, so vergrößert sich erst die Flamme, dann sieht man, wie sie sich ausbreitet, wie sie die Form einer Fläche annimmt, die den Zylinder in zwei Teile teilt, wie sie sich dann wieder umgekehrt zusammenrollt, kleiner wird und sich auf Rohr T_1 zurückzieht. Von diesem Augenblick an brennt die Luft in der Leuchtgasatmosphäre, deren Überschuß an der oberen Mündung des Lampenzylinders angezündet werden kann.



Fig. 57.

Wenn man ein brennbares Gas entzündet, so diffundieren seine Moleküle in die umgebende Atmosphäre, und die Vereinigung geht in der Mischungszone vor sich. Die Vereinigung wird natürlich um so vollkommener, je weiter die brennbaren Moleküle von der Ausströmungsöffnung entfernt sind. Im Innern des glühenden Teils existiert also eine Region, in der das brennbare Gas noch nicht verändert, kalt und dunkel ist. Dieser innere Teil der Flamme ist an der Basis am dichtesten, spitzt sich dann fortschreitend zu und heißt der dunkle oder kalte Kegel. Man kann ihn dadurch nachweisen, daß man ein Stück durchlöcherter Kartons in eine Flamme hereinhält. Das Papier verkohlt in der äußeren Zone, während der Teil, der sich in der inneren Zone befindet, nicht angegriffen wird.

390. Leuchtvermögen der Flamme. Manche Flammen, wie die des Wasserstoffs, des Kohlenoxyds, leuchten beim Brennen in der Luft nur wenig, andere hingegen, wie die des Leuchtgases und des Acetylens, besitzen eine beträchtliche Leuchtkraft. Die Leuchtstärke einer Flamme hängt erstens von ihrer Temperatur ab. Heiße Körper sind um so lichtreicher, je höher ihre Temperatur ist. Also je mehr heiße Teilchen eine Flamme enthält, um so mehr Licht wird sie ausstrahlen. So wird die Wasserstofflampe, die unter gewöhnlichen Bedingungen fast unsichtbar ist, in verdichtetem Sauerstoff leuchtend.

Feste Körper, deren Masse im gleichen Volumen viel größer als die der Gase ist, werden also von gleicher Oberfläche viel mehr Licht aussenden. Der Gegenwart fester Kohlentheilchen verdanken die Mehrzahl der Flammen ihre Leuchtkraft.

Alle zur Beleuchtung dienenden Stoffe sind kohlenwasserstoffhaltige Verbindungen. An der Peripherie der Flamme, wo die Luft im Überschuß vorhanden ist, brennen der Kohlenstoff und der Wasserstoff gleichzeitig. Aber in den inneren Teilen, zu denen die Luft nur schwierig zutreten kann, genügt die Menge des Sauerstoffs nicht, um zu gleicher Zeit den Kohlenstoff und den Wasserstoff zu oxydieren, dieser allein brennt. Der Kohlenstoff scheidet sich in diesem Teil in Form außerordentlich feiner Kohlenrußpartikelchen ab, die durch die bei der Verbrennung des Wasserstoffs entwickelte Wärme ins Glühen geraten. Die Kohlenstoffpartikelchen gelangen dann in die periphere Zone, wo sie ihrerseits verbrennen. Bringt man einen kalten Körper in eine solche Flamme, so erniedrigt man die Temperatur des Kohlenstoffs unter seinen Entflammungspunkt, und er scheidet sich an der Oberfläche des kalten Körpers ab.

Entzündet man einen brennbaren Kohlenwasserstoff in einem Apparat, in den die Luft nicht genügend zutreten kann, so wird der Kohlenstoff nicht einmal in der peripheren Zone verbrannt, die Flamme rußt.

Die Leuchtgas-, die Kerzenflamme usw. umschließen also 3 Zonen, einen inneren Kern a, der kalt und dunkel ist, einen mittleren, leuchtenden Teil b, in dem sich bei unvollkommener Verbrennung Kohlenstoffpartikelchen abscheiden, denen er seine Leuchtkraft verdankt, endlich den Ort der vollständigen Verbrennung, einen äußeren, wenig leuchtenden Mantel c, der sehr oft gar nicht gesehen werden kann, da er durch den Glanz des leuchtenden Kernes verdeckt wird (Fig. 58). Man kann ihn sichtbar machen, wenn man einen mit Kupferchlorid bedeckten Platindraht einführt. Das Salz verflüchtigt sich und färbt den äußeren Mantel der Flamme blaugrün.



Fig. 58.

Wenn man dem brennbaren Gase genügende Mengen Luft beimischt, so geht die Verbrennung des Kohlenstoffes zu gleicher Zeit wie die des Wasserstoffes vor sich, und die Leuchtkraft verschwindet. Das kann man mit Hilfe des Bunsenbrenners ausführen. Dieser Apparat gestattet eine Mischung des Gases vor seiner Verbrennung mit einer gewissen Menge Luft durch eine spezielle Anordnung der Brennröhre.

Das Lichtausstrahlungsvermögen der Körper ändert sich nicht bloß mit ihrem physikalischen Zustand und ihrer Temperatur, sondern auch mit ihrer Natur. Nach dieser Richtung hin kann man enorme Unterschiede beobachten. Gewisse Metalloxyde, wie der Kalk, die Magnesia, besitzen das größte Lichtausstrahlungsvermögen. Am bemerkenswertesten sind in dieser Richtung die Oxyde gewisser seltener Metalle, wie die des Thorium und Ceriums. Mischt man dem Thoriumoxyd eine kleine Menge des Ceriumoxyd (1%) bei, so vermehrt sich das Strahlungsvermögen ganz ungeheuer (vgl. Thorium). Diese Eigenschaft eines

Gemischs von Thorium- und Ceriumoxyd wird in den Auerbrennern verwendet. Das sind Bunsenbrenner, in deren Flamme ein Strumpf aufgehängt ist, dessen Gewebe aus einem Gemisch von Thoriumoxyd mit 1% Ceriumoxyd besteht. Wird der Strumpf hoch erhitzt, so strahlt er ein glänzendes Licht aus.

391. Die Temperatur der Flamme. In erster Linie hängt sie von der Wärme ab, die durch die in der Flamme vor sich gehenden Reaktionen entwickelt wird. Man weiß, daß die exothermischen Reaktionen durch den entgegengesetzten Prozeß der Dissoziation, der Wärme verbraucht, begrenzt werden (vgl. 138). Folglich erreicht die entwickelte Wärmemenge nie ihren theoretischen Wert. Zweitens trägt auch die mit der Temperatur fortschreitende Zunahme der spezifischen Wärme der Gase wesentlich zur Erniedrigung der Flammentemperatur bei. Der Einfluß dieses Anwachsens ist noch beträchtlicher als der der Dissoziation. Die Temperatur einer Flamme übersteigt selten 2000°, erreicht allerdings in der in Sauerstoff brennenden Wasserstofflampe 2500°.

Einfluß des Stickstoffs der Luft auf die Flammentemperatur. Die bei der Verbrennung entwickelte Wärme verteilt sich zwischen den Verbrennungsprodukten, dem Brennstoff und dem die Verbrennung unterhaltenden Gas. Ist dieses die Luft, so hat man neben dem notwendigen Sauerstoff darin ungefähr 80% Stickstoff, der für die Verbrennung ganz unnötig ist, aber die Hauptmenge der entwickelten Wärme absorbiert. Geht die Verbrennung in reinem Sauerstoff vor sich, so fällt dieser enorme Wärmeverlust, den die Gegenwart des Stickstoff verursacht, fort, und die Temperatur der Flamme nimmt beträchtlich zu.

Die Wasserstoff- oder Gasflammen, die in Luft brennen, genügen nicht, um das Platin zu schmelzen, dagegen schmilzt das Metall leicht in einer mit Sauerstoff gespeisten Flamme. Gewöhnlich führt man dieses Gas in das Innere der Flamme ein (Knallgasgebläse). Bringt man ein Stück Kalk in die Knallgaslampe, so gerät es darin in blendende Weißglut.

Eine dritte Ursache trägt zur Temperaturerniedrigung der Flamme bei. In den meisten Apparaten kommen die brennbaren und die die Verbrennung unterhaltenden Gase kalt in die Flamme hinein. Sie verbrauchen also eine beträchtliche Wärmemenge, um auf Temperaturgleichgewicht mit den glühenden Gasen zu gelangen. Diese beträchtliche Ursache des Wärmeverlustes kann vermieden werden, indem man vorher entweder den Brennstoff oder das die Verbrennung unterhaltende Gas, oder alle beide erwärmt. Das geht am sparsamsten so vor sich, daß man die der Flamme entströmenden heißen Verbrennungsprodukte dazu benutzt, die Luft und das Gas anzuheizen. Manche Beleuchtungsvorrichtungen (Siemenslampe) sind derartig konstruiert. Vor allem findet aber in den Heizvorrichtungen die Ausnützung der Wärme der Verbrennungsprodukte, die man sonst verloren gehen ließ, eine wichtige Anwendung (vgl. 382), um die Temperatur der Luft und des brennbaren Gases zu erhöhen.

Abkühlung der Flamme. Jede Ursache, die die Flamme abkühlt, vermindert ihr Leuchtvermögen. Ist die Abkühlung stark genug, so kann die Temperatur der Gase unter ihren Entflammungspunkt herabgesetzt werden, die Flamme erlischt. Metallgewebe besitzen eine sehr energisch abkühlende Wirksamkeit, der sie die Fähigkeit verdanken, die Flammen zu unterdrücken. Bringt man in eine Flamme ein metallisches Gewebe, so sieht man, daß die Flamme nicht hindurchgeht. Das metallische Netz kühlt die es durchdringenden Gase unter ihren Entflammungspunkt herunter. Diese Eigenschaft ist bei der Konstruktion der Sicherheitslampe der Bergleute verwendet (Davy). Die Flamme ist darin von einem engmaschigen Drahtnetz umgeben. Befindet sich die Lampe in einer schlagwetterhaltigen Atmosphäre, so kann die Explosion in dem kleinen Raum, der durch das Drahtnetz begrenzt wird, vor sich gehen, dringt aber nicht darüber hinaus.

Verbindungen des Kohlenstoffs mit dem Schwefel.

392. Es scheint ein Monosulfid des Kohlenstoffs $C = S$, ein Analogon des Kohlenoxyds, zu entstehen, wenn man die Dämpfe des Kohlenstoffdisulfids CS_2 , mit Stickstoff verdünnt, über rotglühendes Kupfer streichen läßt. Dieses noch höchst mangelhaft bekannte Monosulfid ist gasförmig.

Schwefelkohlenstoff CS_2 .

Molekulargewicht 75,57.

393. Man kann den Schwefelkohlenstoff direkt erhalten, indem man die Schwefeldämpfe über rotglühenden Koks streichen läßt. Zur Erzielung eines reinen Produktes schüttelt man den rohen Schwefelkohlenstoff mit metallischem Quecksilber.

Der Schwefelkohlenstoff ist eine farblose, in Wasser unlösliche, stark lichtbrechende ($\alpha_D = 1,6303$ bei 17°) Flüssigkeit, deren Zerstreungsvermögen bemerkenswert hoch ist ($\alpha_H - \alpha_A = 0,0914$). Diese Eigenschaft wird bei manchen refraktometrischen Untersuchungen verwendet. Reiner Schwefelkohlenstoff besitzt keinen unangenehmen Geruch, aber das käufliche Produkt riecht gewöhnlich widerlich nach faulem Kohl. Die Dichte des Schwefelkohlenstoffs beträgt 1,292 bei 0° . Er erstarrt bei -113° und siedet bei -46° .

Er ist sehr giftig, das Arbeiten mit ihm gefährlich infolge seiner großen Entzündlichkeit. Seine Dämpfe entzünden sich bereits bei 150° , also ist zur Entzündung des Schwefelkohlenstoffs keine Flamme nötig, und, da er außerordentlich flüchtig ist, so muß man durchaus vermeiden, mit ihm in der Nähe heißer Gegenstände zu arbeiten. Er brennt mit blauer, schwach leuchtender Flamme unter Bildung von $CO_2 + SO_2$. Die leichte Entzündlichkeit erklärt sich aus dem endothermischen Charakter des Schwefelkohlenstoffs, dessen Bildung von einem Energieverbrauch von 19 000 Kalorien begleitet ist.