

Kapitel 3: Erforschung des Verbrennungsvorgangs



Chemische Reaktion?

Inhalt

Kapitel 3: Erforschung des Verbrennungsvorgangs.....	20
Inhalt.....	21
Erforschung des Verbrennungsvorgangs: Vereinigung oder Zersetzung?.....	22
Erforschung des Verbrennungsvorgangs: Ist Luft ein Element?.....	23
Die Zusammensetzung der Luft.....	23
Informationen zum Sauerstoff:.....	24
Der Sauerstoff.....	25
Was ist die Glimmspanprobe?.....	25
Was brennt bei der Kerze?.....	26
Erforschung des Verbrennungsvorgangs II: Die Produkte der Verbrennung I.....	27
a) Herstellung von Kalkwasser (CO ₂ - Nachweis mit Kalkwasser).....	27
b) Nachweis von CO ₂ als Verbrennungsprodukt.....	27
c) Verbrennen von Nicht-Metallen (in reinem Sauerstoff).....	28
d) Verbrennen von Metallen.....	29
e) Die Entzündungstemperatur.....	30
Übung: Entzündungstemperatur.....	31
Verschiedene Formen der Oxidation:	32
1. Stille Oxidation (langsam).....	32
2. Verbrennung (mittelschnell).....	32
3. Explosionsartige Oxidationen (sehr schnell).....	33
Zusatzinfos: Mehlstaubexplosionen in Mühlen.....	33
Gesetz von der Erhaltung der Masse und der Energie.....	35
a) Massenerhaltung:.....	35
b) Energieerhaltung.....	35
Energieerhaltung bei chemischen Reaktionen: (=1.HS Thermodynamik).....	35
Wiederholungsfragen Kapitel 3.....	36

Erforschung des Verbrennungsvorgangs: Vereinigung oder Zersetzung?

Die Verbrennung von Brennstoffen ist ein chemischer Vorgang, der für die Menschheit schon immer einer der wichtigsten war. Erst durch die Entdeckung des Feuers konnte eine Zivilisation sich entwickeln. Auf den folgenden Seiten wirst Du viel Neues über das Feuer (welches ja im Altertum noch als Stoff, sogar als Element verstanden wurde) und den Verbrennungsvorgang lernen. Zuerst beschäftigen wir uns mit der Frage, ob eine Verbrennung eine Vereinigung oder eine Zersetzung ist. Dazu schauen wir uns die Masse vor und nach der Reaktion an und ziehen Schlussfolgerungen.

Würde man die Masse bei einer Verbrennung untersuchen, so wären drei theoretische Ergebnisse denkbar:

Massenzunahme ⇒ **Vereinigung**

Massenabnahme ⇒ **Zersetzung**

Keine Massenänderung ⇒ **Verbrennung ist keine chemische Reaktion**

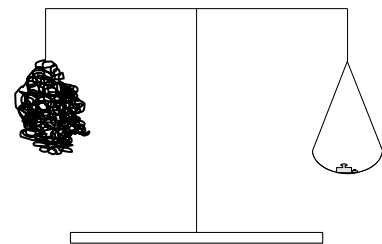
Schüler vermuten hier vieles... Es ist ja auch verwirrend, denn eine Kerze und ein Grillfeuer verlieren doch Masse, oder?

V: Überprüfungsexperiment: Verbrennung von Eisenwolle auf einer Balkenwaage

Stahlwolle wird an eine Balkenwaage gehängt und mit dem Brenner entzündet. Als Alternative kann die Stahlwolle auch mit einer 4,5 V Batterie entzündet werden.

B: Die Seite mit der Eisenwolle wird schwerer. (Zuerst wird die Seite mit der Stahlwolle vielleicht leichter, dann deutlich schwerer.)¹

S: Die Verbrennung ist eine Reaktion mit Luftsauerstoff.



Die Stahlwolle verbrennt dabei mit Sauerstoff zu Eisenoxid, welches schwerer als Eisen ist.

**⇒ Jede Verbrennung ist eine Vereinigung mit Sauerstoff (=Oxidation).
Es bildet sich ein Oxid.**

Aufgaben

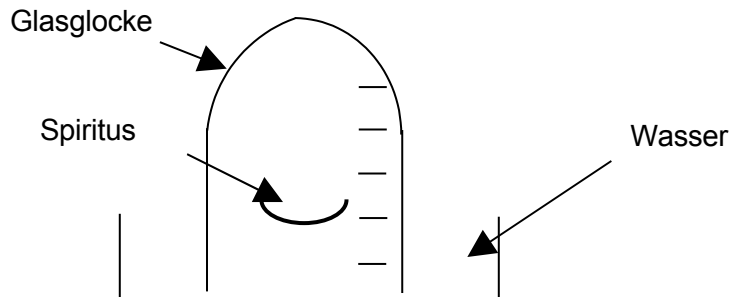
1. Erkläre mit eigenen Worten die Massenänderung bei diesem Versuch
2. Warum wird die Kerze bei der Verbrennung leichter?
3. Die Feuerwehr ist immer daran interessiert, wie man am Besten ein Feuer löschen kann. Vergleiche die Löschwirkung von Wasser und CO₂ - Schaum?
4. Wie würde die Feuerwehr ein brennendes Holzfeuer, wie ein Benzinfeuer löschen?

¹ Selbst wenn bei Verbrennen der Stahlwolle, etwas Eisenoxid durch die heftige Reaktion von der Waage fällt, reicht die Menge an Verbleibendem in der Regel aus, um den Effekt zu zeigen.

Erforschung des Verbrennungsvorgangs: Ist Luft ein Element?

Der Sauerstoff für die Verbrennung kommt aus der Umgebungsluft. Luft wurde im Altertum als Element bezeichnet. Nachdem Du schon weißt, dass Feuer kein Element ist (und Wasser auch nicht - siehe Wasserzersetzung), wäre die Frage, ob Luft ein Element ist noch offen...

V: Spiritus wird unter einer Glasglocke entzündet.



Beobachtung	Schlussfolgerung
Wasserpegel sinkt und manchmal entweicht Luft beim Reaktionsstart	⇒ Durch die Hitze der Flamme wird die Luft erwärmt. Sie dehnt sich aus
Die Flamme erlischt	⇒ Spiritus verbrennt mit Sauerstoff. Wenn der ganze Sauerstoff reagiert hat, erlischt die Flamme
Das Wasser steigt ca. 20%	⇒ Sauerstoff hat reagiert. Nun fehlt er unter der Glasglocke. Durch den „fehlende“ Sauerstoff wird Platz frei, der durch Wasser von unten „aufgefüllt“ wird. (bzw.: der entstehende Unterdruck saugt Wasser in die Glocke). Da das Wasser um 20% steigt, kann man vermuten, dass Luft ca. 20% Sauerstoff enthält. ⇒ Luft ist ein Gemisch und kein Element

Die Zusammensetzung der Luft

In Luft sind enthalten:	Volumenprozent	Siedepunkt
Sauerstoff	20,95%	-183 °C
Stickstoff	78,1%	-196 °C
Edelgase	0,93%	
Kohlenstoffdioxid	0,03%	-78 °C
+ Restgase		

Rund 1/5 der Luft besteht aus Sauerstoff.

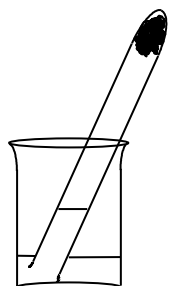
Nur dieser kann sich mit brennbaren Stoffen bei einer Verbrennung vereinigen.

Die Vereinigung eines Stoffes mit Sauerstoff nennt man Oxidation.

Die Verbindungen der Elemente mit Sauerstoff nennt man Oxide.

Aufgaben:

- 1.a) In einem Becherglas mit Wasser gefüllt, steht ein Reagenzglas mit der Öffnung nach unten. Es enthält Eisenwolle, die mit Wasser getränkt ist. (siehe Zeichnung). Lässt man den Versuch zwei Tage stehen, steigt das Wasser im Reagenzglas an. Erkläre.
- b) Um wie viel Prozent kann das Wasser nur steigen? Warum?
2. Kommt man bei Wiederholung des Versuches zum gleichen Ergebnis?
3. Warum kannst Du ausschließen, dass Luft ein Element ist?



Informationen zum Sauerstoff:

Zusatzinformationen:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Sauerstoff>

- Sauerstoff ist das häufigste Element auf der Erde. Es ist ein farb- und geruchloses Gas
- Es hat die chemische Formel O_2 (d.h. ein Sauerstoffatom ist mit einem anderen vereinigt)
- Siedepunkt: $-182.9^\circ C$ (Sauerstoff ist als Flüssigkeit hellblau)
- Schmelzpunkt: $-218.4^\circ C$ (Sauerstoff ist als Feststoff eine hellblaue kristalline Masse)
- Bei $0^\circ C$ hat Sauerstoff (1,43 g/l) eine größere Dichte als Luft (1,29 g/l)
- Auch Gase lösen sich in Wasser (nicht nur Zucker und Salz). Bei $20^\circ C$ lösen sich in einem Liter Wasser 31,1 ml O_2 - So können auch Lebewesen, die unter Wasser leben atmen.
- Sauerstoff wurde 1774 unabhängig voneinander durch Joseph Priestley und Carl Wilhelm Scheele entdeckt.
- Ozon ist eine reaktivere und giftige „Form“ des Sauerstoffs (O_3).

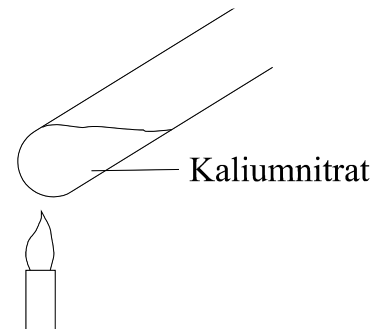
Der Sauerstoff

Im Labor kann man Sauerstoff leicht aus Nitraten herstellen. Diese sind aus diesem Grunde auch in vielen Sprengstoffen enthalten. **Aber Achtung! Führe diese Versuche nicht außerhalb der Schule durch - Nitrate sind unberechenbar. Selbst mit viel Erfahrung ist der Umgang damit sehr gefährlich!**

V: Erhitzen von Kaliumnitrat. In das Reagenzglas werden dann die folgenden Stoffe gehalten

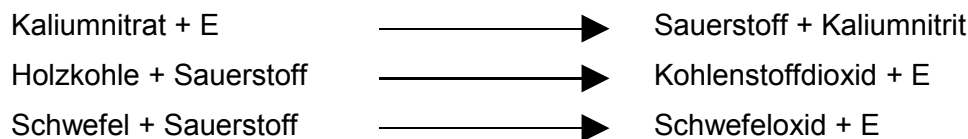
- a) Glimmspan
- b) Holzkohle
- c) Schwefel

B: - Das Salz Kaliumnitrat (weißer kristalliner Feststoff) schmilzt
 - Gasblasen steigen auf
 - weißer Rückstand



zu a) Glimmspanprobe positiv
 zu b) Holzkohle glüht auf
 zu c) Schwefel verbrennt mit hellblauer Flamme

S: Kaliumnitrat wird zersetzt in Sauerstoff und Kaliumnitrit. Der Sauerstoff ermöglicht erst die Verbrennung des Kohlenstoffes im Holz. Er ist somit für die Oxidation verantwortlich. Da das Kaliumnitrat den Sauerstoff bereitstellt, wird es als **Oxidationsmittel** bezeichnet



Sauerstoff ist unverzichtbar als Partner für jede Verbrennung. Er oxidiert dabei seinen Reaktionspartner und wird deshalb auch Oxidationsmittel genannt.

Was ist die Glimmspanprobe?

Vielleicht erinnerst Du Dich an die Glimmspanprobe im Biologieunterricht. Mit ihr kann gezeigt werden, dass Pflanzen Sauerstoff herstellen. Die Glimmspanprobe ist also ein Sauerstoffnachweis, der uns zeigt, ob irgendwo Sauerstoff enthalten ist (schließlich kann man ihn nicht sehen!).

Dazu wird ein glühender (glimmender) Holzspan in den zu untersuchenden Gegenstand gehalten. Flammt der Holzspan auf, war Sauerstoff enthalten.

Was brennt bei der Kerze?

Kerzen waren lange Zeit wichtige Begleiter des Menschen, vor allem als Licht- und Wärmequelle. Heute zündet man sie meisten wegen der angenehmen Lichtfarbe und der damit verbundenen positiven Stimmung an - vor allem in der Kirche, zu Hause oder bei Festen.

Allerdings stellt sich eine wichtige Frage:

Was brennt da eigentlich? DU wirst Dich wundern, wie kompliziert die Antwort ist.

Führe doch mal in Gegenwart Deiner Eltern folgenden Versuch durch:

Nimm eine brennende Kerze, lösche diese und nähere dich sofort von Oben mit einem brennendem Streichholz

⇒ Entzündung trotz Distanz

Was folgt aus diesem Versuch? Was brennt nun eigentlich? Der Docht?

Hypothese:

Kerzenwachs + Sauerstoff → „brennbares Gas“ + Kohlendioxid + Energie

Erklärung:

Der Docht ist ein sehr saugfähiger Faden, z.B. aus Baumwolle. Durch die Hitze der Kerzenflamme schmilzt Wachs, welches durch den Docht nach oben gesaugt wird und im Docht dann verdampft. Das verdampfende Gas ist der eigentliche Brennstoff.

Wachstypen:

- früher vor allem Bienenwachs - Schmelzpunkt bei ca. 65°C
- heute entweder Stearin (aus tierischen oder pflanzlichen Fetten gewonnen - Schmelzpunkt 56°C
- oder Paraffin (Teelichter) - Schmelzpunkt um 55 °C

Nach Anzünden des Dochts schmilzt das Wachs. Durch die Sogwirkung des Dochts wird ständig neues (geschmolzenes) Wachs in die Flamme transportiert, wo es verdampft und verbrennt ⇒ gasförmiges Kerzenwachs verbrennt.

Zusatzinformationen:

Pro Stunde verbrennt eine Kerze ca. 3 - 8g Wachs und erzeugt eine Heizleistung von ca. 50W.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Kerze>

Erforschung des Verbrennungsvorgangs II: Die Produkte der Verbrennung I

Nachdem wir uns nun mit den Bedingungen, Ausgangsstoffen und dem Vorgang der Verbrennung beschäftigt haben, wollen wir uns nun die Produkte näher ansehen. Damit wir diese besser untersuchen können, müssen wir uns in einem Vorversuch eine Nachweissubstanz (Kalkwasser) herstellen.

a) Herstellung von Kalkwasser (CO₂ - Nachweis mit Kalkwasser)

V: Calciumoxid wird mit Wasser gemischt und durch Filtrieren gereinigt. Dabei entsteht Kalkwasser, welches zum Nachweis von Kohlenstoffdioxid dient.

Um zu testen, dass es gut funktioniert, wird in einen kleinen Teil des Kalkwassers hinein geblasen.

B:	S:
Es entsteht eine milchige Lösung	⇒ Ein Feststoff entsteht, der sich nicht richtig auflöst
Nach dem Filtrieren entsteht eine klare Lösung	⇒ Der Feststoff bleibt im Filter, das im Wasser bereits gelöste Calciumoxid läuft hindurch, da gelöste Stoffe viel kleiner sind und durch die Poren des Filters passen.
Beim Reinblasen trübt sich die klare Lösung	⇒ Durch die Zugabe von Kohlenstoffdioxid trübt sich Kalkwasser. Es muss also ein neuer Stoff entstanden sein, welcher in Wasser unlöslich ist. Dieser Stoff ist Kalk, der als Feststoff ausfällt und auch für die Trübung sorgt.



**Wasserklares Kalkwasser ist ein Nachweismittel für Kohlenstoffdioxid.
Bei Kontakt mit diesem wird es durch Kalkbildung milchig trüb.**

b) Nachweis von CO₂ als Verbrennungsprodukt

V: Nun kommen wir zum eigentlichen Versuch. Wir untersuchen die Gase, die bei der Verbrennung von Kerzenwachs entstehen. Das Hauptproblem musst Du allerdings noch selbst lösen: wie kann man Verbrennungsprodukte auffangen, um sie nachweisen? Entwickle eigene Ideen, wie man die Gase einer Kerze auffangen kann. Hast Du eine Möglichkeit gefunden, so füge den Gasen Kalkwasser zu.

B: Kalkwasser trübt sich

S: bei der Verbrennung von Wachs entsteht Kohlenstoffdioxid.

Ein Verbrennungsprodukt der Kerze (und allen anderen Kohlenstoffverbindungen auch) ist Kohlenstoffdioxid [CO₂].

Hinweise:

- Wenn zu wenig Sauerstoff bei der Verbrennung vorhanden ist, kann Kohlenstoffmonoxid [CO] entstehen. Dieses ist ein sehr giftiges Gas.
- Da Kohlenstoffdioxid nicht mehr verbrennen kann, ist es ein hervorragendes Löschmittel. In Feuerlöschern findest Du es oft an Schaum gebunden.

Weitere Infos:

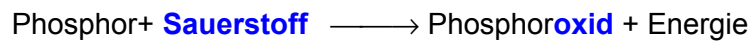
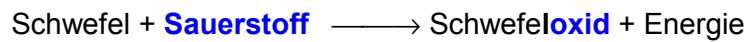
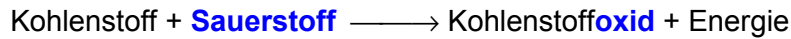
<http://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffdioxid>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffmonoxid>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Kalkwasser>

c) Verbrennen von Nicht-Metallen (in reinem Sauerstoff)

V: Der Lehrer zeigt Dir einige besondere Versuche. Er verbrennt Schwefel, Phosphor und Kohlenstoff (für Kohlenstoff nimmt man Kohlenstoffhaltige Verbindungen wie z.B.: eine Kerze, eine Zigarette, ein Holzspan, Papier usw...) in reinem Sauerstoff:

**Was haben alle Versuche gemeinsam?**

**Bei der Verbrennung von Nichtmetallen entstehen Nichtmetalloxide.
Sie bilden sich durch die Vereinigung von Nichtmetall mit Sauerstoff**

Wdh.: Die Vereinigung eines Stoffes mit Sauerstoff wird Oxidation genannt.

Kohlenstoffdioxid² ist nicht das einzig mögliche Produkt. Ist für die Verbrennung von Kohlenstoff nicht genügend Sauerstoff vorhanden, so entsteht auch das giftige Kohlenmonoxid.

Aufgaben:

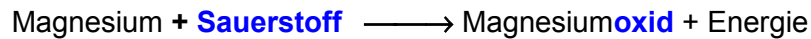
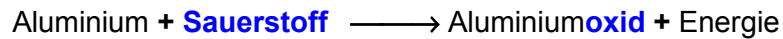
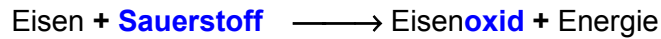
1. Um welchen Faktor verbrennen die Stoffe in reinem Sauerstoff schneller als in Luft?
2. Erkläre den Begriff Nichtmetalloxid
3. Ordne den 3 Aggregatzuständen Dir bekannte Nichtmetalloxide zu
4. Informiere Dich über den Stoff Kohlenmonoxid und seine Gefahren
5. Weißt Du auch warum Kohlenmonoxid so gefährlich ist?

² zur Erklärung di = zwei/ mono = eins

d) Verbrennen von Metallen

Nachdem wir uns mit den Nichtmetallen und ihren Oxiden beschäftigt haben, steht noch die Frage offen, was mit den Metallen passiert, denn das Verbrennen von Metallen entspricht ja meistens nicht den Erfahrungen der Schüler!

Zur Demonstration verbrennt der Lehrer Eisen, Aluminium und Magnesium in reinem Sauerstoff. Du wirst schöne, vielleicht sogar Dir bekannt Effekte beobachten können.



**Bei der Verbrennung von Metallen entstehen Metalloxide.
Sie bilden sich durch die Vereinigung von Metall mit Sauerstoff**

Aufgaben:

1. Erkläre den Begriff „Metalloxid“ mit Deinen eigenen Worten.
2. Lese im Buch oder im Internet über die Verwendung von Metalloxiden nach (achte dabei besonders auf die Verwendung zum Färben von Keramik und Ton usw.).
3. Informiere Dich dann über die negativen Seiten von Metalloxiden. Ein gutes Stichwort für Deine Suche ist „Korrosion“ oder auch „Rost“.

Verzweifle aber nicht an der Schwierigkeit! Korrosion ist ein komplexes Thema. Viele der chemischen Reaktionen sind noch zu schwer für Deinen momentanen Wissensstand.

http://de.wikipedia.org/wiki/Rost_%28Korrosion%29

http://de.wikipedia.org/wiki/Korrosion_%28Chemie%29

<http://de.wikipedia.org/wiki/Korrosionsschutz>

e) Die Entzündungstemperatur

Sauerstoffs und der Brennstoff reagieren erst miteinander wenn die „Bedingungen“ günstig sind. Zu diesen Bedingungen gehört auch eine Bestimmte Temperatur. Das ist schon daraus leicht verständlich, da ein Feuer beim Löschen ausgeht, wenn man Wasser darüber gießt. (Wasser kühlt den Brennstoff ab).

V: In einem Tiegel wird eine kleine Menge Kerzenwachs mit dem Bunsenbrenner solange erhitzt, bis eine Flamme entsteht

B: Zuerst bildet sich Wachsdampf, der immer dunkler sowie dichter wird und der sich schließlich von selbst entzündet. Selbst nach dem löschen durch ersticken, entzündet sich alles oft von selbst wieder.

S: Auch ohne das heißes Wachs mit einer Flamme in Berührung kommt, entzündet es sich bei ca. 250°C. Dazu ist nicht unbedingt ein Funken nötig. Das Löschen von solchen Feuern ist sehr schwierig, da sie sich jederzeit wieder von selbst entzünden können.

Die Entzündungstemperatur (auch Zündtemperatur) ist die Temperatur eines Stoffes, bei der er sich ohne Fremdeinwirkung von selbst entzündet.

An einer offenen Flamme ist die Entzündungstemperatur immer vorhanden, aber auch durch Funken oder heiße Gegenstände kann eine Zündung ausgelöst werden.

Wichtig: Flüssige Brennstoffe, die sehr leicht Gase oder Dämpfe bilden, entzünden sich viel schneller als feste Brennstoffe. Sie sind deshalb feuergefährlich (z.B. Benzin).

⇒ Wenn die Brennstoffe schon gasförmig sind, genügt oft ein Funke, um sie zu entzünden.

Hier einige Beispiele für Temperaturen, bei denen sich Stoff von selbst entzünden:

Brennstoff	Entzündungs-temperatur [°C]	Brennstoff	Entzündungs-temperatur [°C]
Phosphor weiß	60	Fichtenholz	280
Streichholzkopf	ca. 60	Fett	300
Zündholzkopf	80	Holzkohle	300
Holzkohle	150 - 220	Phosphor rot	300
Ether	170	trockenes Holz	ca. 300
Zeitungspapier	175	Petroleum	300
Stearin	196	Kork	300-320
Kunststoffe	200 - 300	Steinkohle	350 - 600
Benzin	220 - 300	Schreibpapier	360
Terpentin	220	Butan (Flüssiggas für Feuerzeuge)	400
Torf	230	Asphalt	ca. 400
Schwefel	250	Glycerin	400
Paraffin (=Kerzenwachs)	250	Zucker	410
Benzin (Auto)	ca. 250 - 460	Spiritus	425
Dieselöl	250 - 350	Ethanol	425
Heizöl	250	Baumwolle	450
Papier	ca. 250	Methanol	455
Kohle	240-280	Propangas	460
Stroh	250-300	Essig (-säure)	460
Getreide	250-320	Roggenmehl	500
Heu	260-310	Schmieröl	500
Benzin	250	Methan (=Erdgas)	ca. 600
Weizenstaub	270	Aceton	600
Holz	280-340	Teer	600

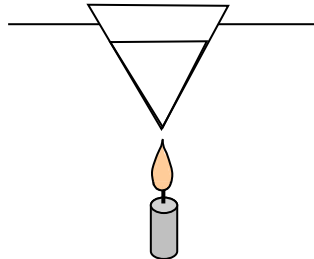
Zusatzinformationen:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Zündtemperatur>

Übung: Entzündungstemperatur

Du kannst im Unterricht die Erstaunlichkeit der Zündtemperatur leicht überprüfen.

V: Falte ein kleines Blatt als Trichter und durchstoße es mit einer oder zwei langen Metallnadeln im oberen Viertel. Fülle den Trichter bis 1cm vor die Einstichstellen mit Wasser und stelle darunter eine brennende Kerze.



Was passiert wohl? Die meisten Schüler vermuten hier Entzündung des Papiers und dem Auslaufen des Wassers, was die Kerze durch Wasser dann löscht.

Aber, wie heiß kann Papier nur werden, wenn sich darin Wasser befindet?

B: Das Papier wird schwarz, das Wasser wird warm und beginnt evtl. zu kochen

S: Papier hat Entzündungstemperatur von 250°C. Solange Wasser in dem Papier ist, kann seine Temperatur nicht >100°C sein. Deshalb kann das Papier sich nicht entzünden, da es vom Wasser gekühlt wird.

Stoffe die ihre Temperatur unterhalb der Entzündungstemperatur haben, können nicht entzündet werden.

Merke: Für eine Verbrennung werden also immer 3 Dinge benötigt³:

- ein brennbarer Stoff, z. B. Papier, Holz, Kohle, Benzin, Spiritus, Heizöl, Erdgas.
- Sauerstoff
- Entzündungstemperatur.

Aufgaben:

1. Bei einem Waldbrand fliegen mit Wasser beladene Hubschrauber über das Feuer und werfen das Wasser ab. Was verspricht sich die Feuerwehr davon?
2. Warum kann ein Wald, der auf solche Art gelöscht wurde jederzeit wieder anfangen zu brennen?
3. Welche Rolle spielt eigentlich Wind beim Wiederaufleben eines Waldbrandes?
4. Welchem Einfluss hat die Form eines Holzstücks auf seine Entzündung am Lagerfeuer? (Vergleiche dazu einen Ast und einen Baumstamm)

³ Später wirst Du lernen, dass auch der so genannte **Zerteilungsgrad** eine Rolle spielt.

Verschiedene Formen der Oxidation:

Du weißt nun schon sehr vieles über Verbrennungen. Zum Beispiel weißt Du, dass es immer Oxidationen sind. Es gibt aber drei verschiedene Arten von Oxidationen. Die Stille Oxidation, die Verbrennung und die explosionsartige Oxidationen. Hier lernst Du sozusagen die „Geschwister“ der Verbrennung kennen.

1. Stille Oxidation (langsam)

V: Eisenwolle befeuchten und in ein Reagenzglas stecken, es auf den Kopf in ein Wasserglas stellen

B: - Wasser steigt im Reagenzglas nach oben
- Eisenwolle verfärbt sich rotbraun
- Glimmspan erlischt im Restgas

S: Es hat sich offensichtlich Rost gebildet. Der korrekte Ausdruck dafür ist Eisenoxid. Es fand also eine Oxidation statt, ohne dass eine Flamme zu sehen war.



Langsam verlaufende Reaktionen mit Sauerstoff nennt man stille Oxidationen.

Weitere Beispiele für stille Oxidationen: Rosten, matt werden von Kupfer, Zellatmung

Zusatzinformationen:

Durch die stille Oxidation von Eisen (= Rosten, =Korrosion) entstehen dem Staat jährlich Schäden von mehr als 50 Mrd. Euro. Der Hauptteil des Schadens entsteht durch rostende Autos, Brücken, Leitplanken und Bauwerke.

Man kann Eisen aber veredeln, so dass es nicht mehr so stark korrodiert. Durch Zusätze von anderen Metallen, wie Nickel und Entzug von Kohlenstoffresten, die sich bei der Herstellung eingeschlichen haben, wird die Qualität viel besser. Eisen, welches so bearbeitet wurde nennt man Stahl. (Siehe auch: <http://de.wikipedia.org/wiki/Stahl>)

2. Verbrennung (mittelschnell)

Da Du Verbrennungen nun schon gut kennst, kommt hier nur eine kleine Zusammenfassung:

**Die Verbrennung ist eine unter Licht und Wärmeentwicklung rasch ablaufende Oxidation.
Das Leuchten wird durch glühenden Feststoff hervorgerufen.**

Im Unterricht hast Du schon z.B. Phosphor, Kerzenwachs, Holz, Papier, Schwefel und Metalle verbrannt. (siehe auch: http://de.wikipedia.org/wiki/Verbrennung_%28Chemie%29)

3. Explosionsartige Oxidationen (sehr schnell)

Explosionen kennst Du von Silvester. Sie ist eine Reaktion, die durch die Zündung fein verteilter Brennstoffe zustande kommt. Die Folge ist eine sehr schnelle, plötzlich verlaufende Kraftentfaltung, die auf dem Ausdehnungsbestreben von plötzlich erhitzten Gasen und Dämpfen beruht.

V : Der Lehrer zeigt Dir die Entzündung von Bärlappsporen.

B	S
Explosion mit Stichflamme	Die Bärlappsporen werden von der Kerzenflamme entzündet. Sie oxidieren explosionsartig.

Die Oberflächenvergrößerung führt zu einer größeren Zahl an reaktionsbereiten Teilchen. Die Reaktionsgeschwindigkeit kann dabei so groß werden, dass es zur Explosion kommt.

Zusatzinfos: Mehlstaubexplosionen in Mühlen

Gemische aus Staub und Luft sind explosionsfähig, wenn sie aus brennbaren organischen oder anorganischen Stäuben wie z.B. Kohle-, Mehl-, Holz-, Kakao-, Kaffee-, Stärke-, Aluminium- oder Cellulosestaub bestehen. Entscheidend für die Zündfähigkeit ist der Sauerstoffanteil in der Luft und der Zerteilungsgrad des Brennstoffes. Ein Funke kann für die Zündung ausreichen.

Besonders gefährlich ist dies in Mühlen, da dort immer etwas Mehlstaub aufgewirbelt wird. Ein Funke reicht aus um unter Umständen eine schreckliche Explosion herbeizuführen.

So kam es am 6.2.1979 in der Rolandmühle in Bremen zur größten Mehlstaubexplosion Deutschlands. Es starben 14 Menschen und 18 weitere wurden verletzt. Der Schaden an der Mühle und den Nachbarhäusern betrug etwa 50 Millionen Euro.

Siehe auch: (<http://de.wikipedia.org/wiki/Staubexplosion>)

Zusammenfassung: Du kennst nun drei Arten von Oxidationen:

- die langsame stille Oxidation
- die mittelschnelle Verbrennung
- die sehr schnelle Explosion

Aufgaben:

1. Kann man stille Oxidationen beobachten?
2. Was denkst Du, warum Explosionen im Chemieunterricht als sehr gefährlich betrachtet werden und warum alle explosiven Stoffe Sicherheitsschilder tragen müssen?
3. Der Verkauf von Silvesterknaller aus osteuropäischen Ländern ist zum Teil in Deutschland verboten, was meinst Du warum das so ist?
4. Bei der Oxidation von Eisen wird Energie frei. Unterschieden sich die Energiebeträge bei den drei Oxidationsformen? Vergleiche dazu die Verbrennung von etwas Eisen mit der gleichen Menge an rostendem Eisen (z.B. am Fahrrad).
5. Informiere Dich zu den Konsequenzen der täglich Millionenfachen Verbrennungen auf unserem Planeten. Gute Suchbegriffe sind: Luftverschmutzung, Treibhauseffekt, Ozonloch, Smog

Gesetz von der Erhaltung der Masse und der Energie

a) Massenerhaltung:

Was geschieht mit der Masse der Reaktionsteilnehmer bei einer chemischen Reaktion?

V: In einen Rundkolben werden Streichholzspitzen gefüllt. Er wird mit einem Luftballon geschlossen und gewogen.

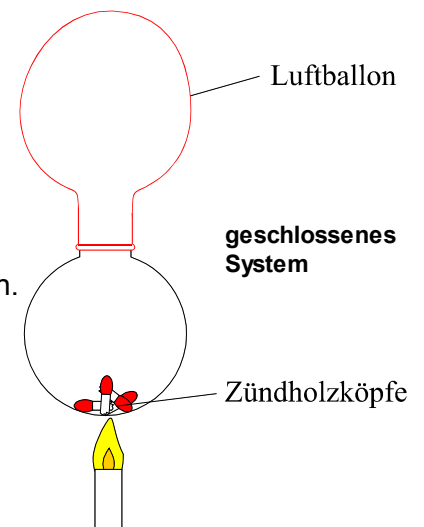
B: Luftballon dehnt sich aus und zieht sich wieder zusammen

Zu Beginn der Reaktion: $m_1 = 50,41 \text{ g}$

Am Ende der Reaktion $m_2 = 50,41 \text{ g}$

S: Das Gas dehnt sich bei Erwärmung aus und kontrahiert beim Abkühlen.

⇒ **Die Gesamtmasse der Reaktionspartner hat sich nicht geändert.**



Antoine Lavoisier (1743 - 1794): Gesetz von der Erhaltung der Masse:

„Rien ne se perd, rien ne se crée“

Die Gesamtmasse ändert sich bei chemischen Reaktionen (im Rahmen der Messgenauigkeit) nicht:

$$\text{Masse}_{\text{Ausgangsstoffe}} = \text{Masse}_{\text{Produkte}}$$

b) Energieerhaltung

Albert Einstein 14.3. 1879 - 18.4.1955):

„Umwandlung von Energie in Masse und von Masse in Energie ist möglich.“

$$E = m \cdot c^2 \quad (c = \text{Lichtgeschwindigkeit} = 300.000 \text{ km/s})$$

Bei einer chemischen Reaktion ist die Summe aus Masse und Energie der Ausgangsstoffe gleich der Summe aus Masse und Energie der Endstoffe.

Wird Energie frei, tritt ein unwägbar kleiner Massenverlust auf. Wird Energie investiert, tritt Massenzunahme auf. Dieses kann allerdings mit herkömmlichen Waagen nicht gemessen werden.

Energieerhaltung bei chemischen Reaktionen: (=1.HS Thermodynamik)

Theoretisch Vorstellung:

V: Nasses CaO wird getrocknet. Anschließend wird wieder Wasser zugegeben

B: Es wird Energie zum Entfernen des Wassers benötigt. Die Zugabe von Wasser setzt Energie frei.

V: Wasser, CaO und Becherglas und Thermometer werden gewogen. Dann wird das Wasser zugegeben. Die Temperatur steigt.

Woher stammt die freiwerdende Energie (Temperatur)?

Einstein: $E=mc^2$. Wenn c eine Konstante ist und nach dem ersten Gesetz die Masse sich nicht ändert, so muss auch die gesamt Energie bei chemischen Reaktionen unverändert bleiben

⇒ Wenn Benzin verbrennt und Energie frei wird, muss sie schon vorher enthalten sein

⇒ Diese Energie nennt man innere Energie

Wiederholungsfragen Kapitel 3

1. Was brennt eigentlich, wenn du eine Kerze angezündet hast? Beschreibe, welche Aufgabe der Docht hat.
2. Die folgenden Sätze beschreiben, was beim Anzünden einer Kerze geschieht. Leider sind sie durcheinander geraten. Wie muss die richtige Reihenfolge lauten?
 - a) Am Docht befindet sich festes Wachs. Es brennt nicht.
 - b) Der Wachsdampf entzündet sich und beginnt zu brennen.
 - c) Das flüssige Wachs steigt im Docht nach oben (ähnlich wie Tinte im Löschpapier).
 - d) Der Wachsdampf erreicht seine Entzündungstemperatur.
 - e) Wenn man eine Streichholzflamme an den Docht hält, wird das Wachs erhitzt und schmilzt.
 - f) Das Wachs beginnt zu siedern und verdampft.
3. Vergleiche die Flammen von Brenner und Kerze.
4. Es müssen drei Voraussetzungen erfüllt sein, damit etwas brennt. Schreibe sie auf.
5. Beim Gas genügt ein kleiner Funke, um es zu entzünden. Dazu reicht eine leeres Feuerzeug, welches selbst kein Gas mehr enthält. Könntest du auch eine Kerze mit einem leerem Feuerzeug entzünden? Begründe.
6. Manche Stoffe dürfen nur in einem heißen Wasserbad erhitzt werden. Welche Stoffe könnten das deiner Meinung nach sein? Begründe Deine Meinung
7. Stelle die Reaktionsgleichung der Verbrennung von a) Schwefel, b) Kohlenstoff, c) einem beliebigem Metall auf
8. Wozu dient Kalkwasser? Wie stellt man es her?
9. Schlage einen Versuchsaufbau vor, der beweist, dass man Kohlenstoffdioxid ausatmet
10. Was ist eine Oxidation? Nenne die drei Formen der Oxidation? Kann man stille Oxidationen beobachten?
11. Was denkst Du, warum Explosionen im Chemieunterricht als sehr gefährlich betrachtet werden und warum alle explosiven Stoffe Sicherheitsschilder tragen müssen?
12. Der Verkauf von Silvesterknaller aus osteuropäischen Ländern ist zum Teil in Deutschland verboten, was meinst Du warum das so ist?
13. Informiere Dich zu den Konsequenzen der täglich millionenfachen Verbrennungen auf unserem Planeten. Gute Suchbegriffe sind: Luftverschmutzung, Treibhauseffekt, Ozonloch, Smog
14. Um welchen Faktor verbrennen Stoffe in reinem Sauerstoff schneller als in Luft? Nenne Beispiele aus dem UR
15. Erkläre den Begriff Nichtmetalloxid und ordne den 3 Aggregatzuständen Dir bekannte Nichtmetalloxide zu
16. Informiere Dich über den Stoff Kohlenmonoxid und seine Gefahren
17. Was ist der Unterschied zwischen Sauerstoff und Luft? Wie kann man entstehenden Sauerstoff nachweisen?
18. Ist Luft ein Element? Schlage einen Versuchsaufbau vor, mit dem dies gezeigt werden kann.
19. Verbrennt ein Stückchen Kohle schneller in Luft, Stickstoff oder reinem Sauerstoff?
20. Bei einem Waldbrand fliegen mit Wasser beladene Hubschrauber über das Feuer und werfen das Wasser ab. Was verspricht sich die Feuerwehr davon? Warum kann ein Wald, der auf solche Art gelöscht wurde jederzeit wieder anfangen zu brennen? Welche Rolle spielt eigentlich Wind beim wieder entfachen eines Waldbrandes?
21. Was versteht man unter der Entzündungstemperatur? Nenne ein Beispiel, wo die Entzündungstemperatur eine wichtige Rolle spielt
22. Welchem Einfluss hat die Form eines Holzstücks auf seine Entzündung am Lagerfeuer? (Vergleiche dazu einen Ast und einen Baumstamm)
23. Ein Schüler sagt: „eine Verbrennung ist eine Oxidation, aber nicht jede Oxidation ist eine Verbrennung“. Hat der Schüler damit recht?
24. Ordne die folgenden Stoffe nach ihrer Entzündungstemperatur: Streichholz, Benzindampf, Holzkohle, Stroh
25. Was ist ein Metalloxid? Erkläre und nenne drei Beispiele (Was ist ein Nichtmetalloxid?)
26. Wozu verwendet man Metalloxide?
27. Ist die Verbrennung von Kupfer eine Oxidation? Begründe Deine Meinung
28. Erkläre den Unterschied zwischen Element und Verbindung
29. Erkläre die Vereinigung von Eisen und Schwefel und die Zersetzung von Quecksilberoxid

30. Auf dem Herd hat eine Bratpfanne angefangen zu brennen. Was ist passiert? Wie kann sie gelöscht werden?
31. In einem Grill brennt Grillkohle. Liegt eine chemische Reaktion vor? Begründe Deine Meinung und stelle die Reaktionsgleichung auf.
32. In einem mit Wasser gefüllten Becherglas steht ein Reagenzglas mit der Öffnung nach unten. Es enthält feuchte Eisenwolle. Lässt man den Versuch zwei Tage stehen, steigt das Wasser im Reagenzglas an. Erkläre, warum und um wie viel Prozent das Wasser steigt.

