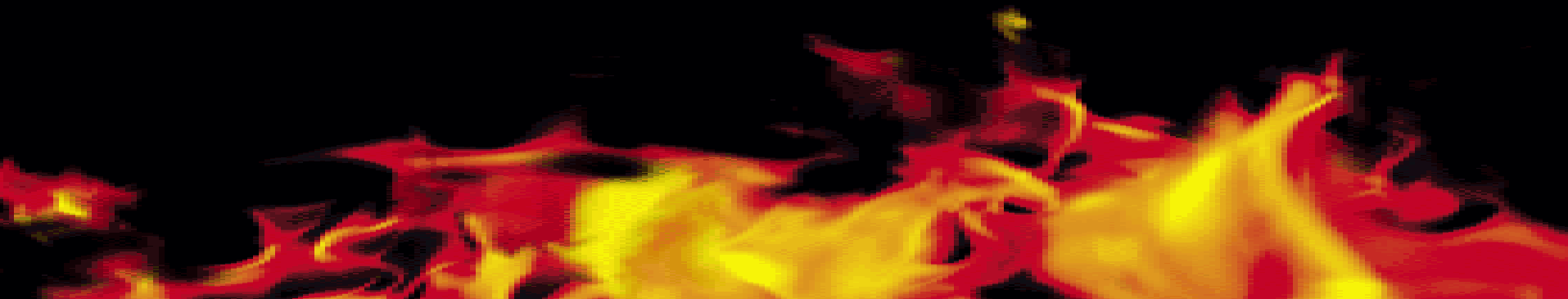


Verbrennung

Angelika Erlacher

SS 2003

OC-SE



Überblick



- Definition
- Geschichte (Phlogistontheorie)
 - Studie - Schulversuch
- Verbrennung
 - vollständig
 - unvollständig
- Feuerungsanlagen
 - Kennzahlen
- Verbrennung von Holz/Kraftstoff/Kerze

Verbrennung - Definition



- Verbrennung – Redoxreaktion
 - heftig (Feuer)
 - langsam und relativ kalt (Oxidation von Nährstoffen – Lebewesen)
- ein Stoff wird durch Sauerstoff oxidiert
- Freisetzung von Wärme und Licht
- Brennstoff (fest, flüssig oder gasförmig)

Experiment

Quelle: <http://www.pc.chemie.uni-siegen.de/pci/versuche/v41-1.html>



50g Zinkstaub + 15 g
Natriumperoxid werden in
einer Metallschale
gemischt.

Experiment

Quelle: <http://www.pc.chemie.uni-siegen.de/pci/versuche/v41-1.html>



Durch Zugabe von
Wasser entzündet sich
das Reaktionsgemisch.

Experiment

Quelle: <http://www.pc.chemie.uni-siegen.de/pci/versuche/v41-1.html>



Natriumperoxid reagiert mit Wasser in einer exothermen Reaktion nach $\text{Na}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2$
Das gebildete Wasserstoffperoxid zersetzt sich unter der katalytischen Wirkung des Natriumhydroxids in einer ebenfalls exothermen Reaktion zu Wasser und Sauerstoff.

Experiment

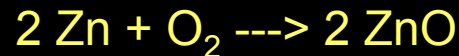
Quelle: <http://www.pc.chemie.uni-siegen.de/pci/versuche/v41-1.html>



Natriumperoxid reagiert mit dem Zinkpulver nach



Das überschüssige Zinkpulver reagiert
anschließend mit dem Luftsauerstoff (Verbrennung)



Reaktionen stark exotherm

Phlogistontheorie

- Aristoteles, Paracelsus, Becher
- Georg Ernst Stahl (1660 - 1734)
 - Phlogiston („brennbare Erde“, von phlox=Flamme“)
= Elementarteilchen, in sich fast gewichtslos und deshalb unbemerkbar
 - Erklärung der Flammenerscheinung (Phlogistonkorpuskeln)



Phlogistontheorie



- Umkehrung des heutigen Konzepts von Oxidation und Reduktion
- „Keim von Wahrheit“

Oxidation = Phlogistonabgabe = Elektronenabgabe
Reduktion = Phlogistonaufnahme = Elektronenaufnahme

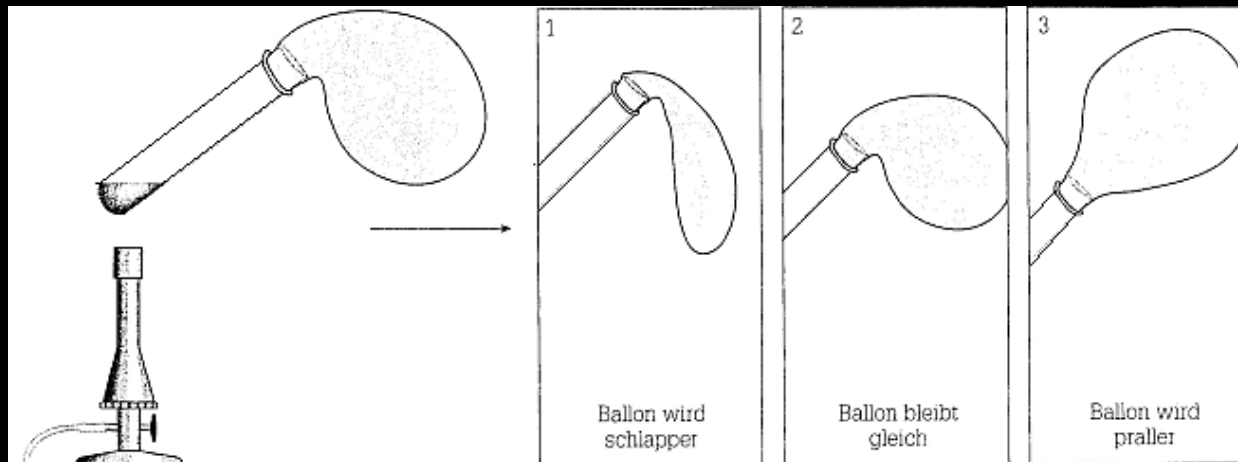
Phlogistontheorie

- Antoine Lavoisier (1743-1794)
 - Luft – Stoffgemisch, Rolle des Sauerstoffs bei Verbrennungsvorgängen
 - Widerlegung der Phlogistontheorie
 - Gesetz der Erhaltung der Masse (Schulversuch)



Studie - Schulversuch

- Verbrennung von Kohlenstoff im geschlossenen System
- Versuchsanordnung

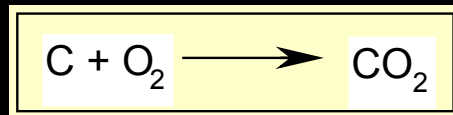


Aufgabenteil A

- Aussehen (Volumen) des Ballons?

	Stufe 9	Stufe 10	gesamt
Ballon wird schlapper	22 %	23 %	22 %
Ballon bleibt gleich	18 %	9 %	13 %
Ballon wird praller	55 %	62 %	59 %
nicht bearbeitet	5 %	6 %	6 %

Setzt Kenntnis der Verbrennung von Kohlenstoff voraus.



Aufgabenteil B

- Masse der Apparatur nach erfolgter Reaktion?

Masse der Apparatur nach erfolgter Reaktion	Stufe 9	Stufe 10	gesamt
gleiche Masse 18,44 g	54 %	43 %	48 %
geringere Masse 18,32 g	20 %	24 %	22 %
< 18,32 g	13 %	15 %	14 %
18,56 g	3 %	6 %	5 %
größere Masse > 18,76 g	2 %	2 %	3 %
nicht bearbeitet	8 %	11 %	10 %

Ergebnisse der Studie



- Verständnisprobleme Fehlvorstellungen
- Unzureichend ausgeprägte kognitive Fähigkeiten?
- Fazit: verstärkte Aufmerksamkeit soll auf den Aufbau von grundlegenden Begriffen (chemische Reaktion, Gase, Massenerhaltung) gelegt werden.

Vollständige Verbrennung

- organische Stoffe verbrennen im Idealfall zu CO_2 und H_2O
 - $\text{C}_4\text{H}_{10} + 6,5 \text{ O}_2 \rightarrow 4 \text{ CO}_2 + 5 \text{ H}_2\text{O}$



Unvollständige Verbrennung



- Idealfall meist nicht gegeben
 - bei zu wenig Sauerstoff, bzw. bei höheren Temperaturen:
 - C (Ruß)
 - CO (andere Produkte)



Verbrennungen allgemein



- Bei allen Verbrennungen entstehen aus N und O der Luft Stickoxide NO_x
- Bildung der Stickoxide abhängig von der Verbrennungstemperatur

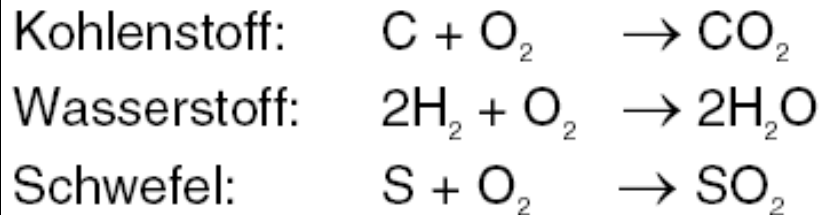
Feuerungsanlagen



- Einrichtungen zur Erzeugung von Wärme durch Verbrennung von festen, flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen
 - zu Heizzwecken (Heizwerke und Gebäudeheizungen)
 - zur Erzeugung elektrischer Energie
 - zur Erzeugung von Dampf oder Heißwasser (z.B. in verfahrenstechnischen Anlagen)
 - zur Herstellung bestimmter Materialien (Einsatz z. B. in der Zement-, Glas- oder Keramikindustrie)
 - zur thermischen Oberflächenbehandlung von metallischen Werkstücken
 - zur Verbrennung von Abfall- und Altmaterialien (Müll, Altreifen u.ä.)

Ideale Verbrennung

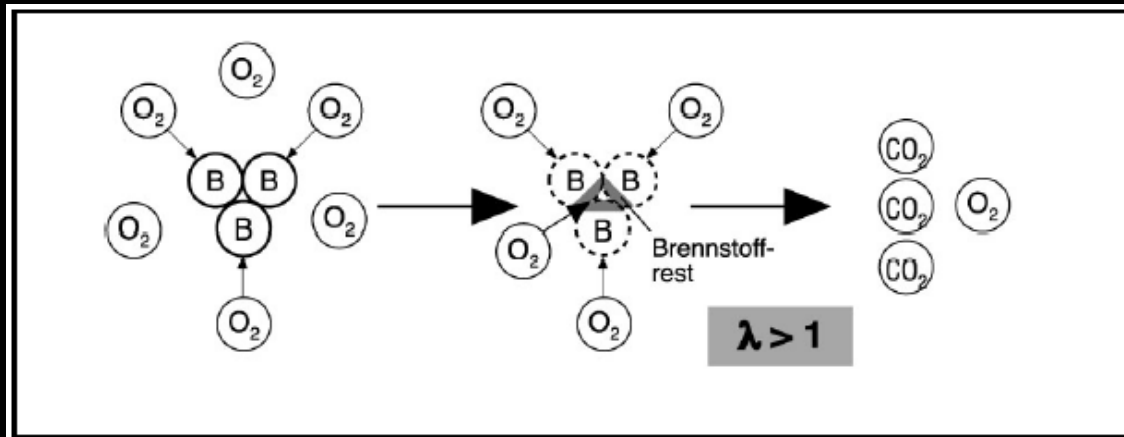
- Mindestbedarf an Sauerstoff der brennbaren Anteile ist abhängig von der Brennstoffzusammensetzung



- 1kg C 2,7kg O_2
- 1kg H_2 ... 7,9kg O_2
- 1kg S ... 1,0kg O_2

Verbrennung mit Luftüberschuss

- Praxis: ideale (minimale) Sauerstoffmenge reicht nicht aus (unvollkommene Vermischung von Brennstoff und Sauerstoff)
- „Luftüberschuss“
- Luftverhältniszahl (λ)



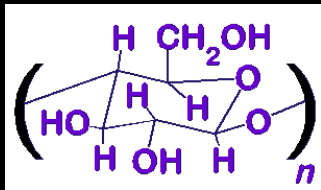
Luftverhältniszahl

- Oxidierende Atmosphäre
 - Vollständige Verbrennung
- Reduzierende Atmosphäre

Feuerungsanlage	Bereich für λ
Verbrennungsmotoren	0,8-1,2
Gas-Gebläsefeuerung	1,1-1,3
Ölbrenner	1,2-1,5
Kohlenstaubbrenner	1,1-1,3
Rost für Braunkohle	1,3-1,7

Verbrennung von Holz

- $(C_6H_{10}O_5)_n$ – Cellulose



- in Hitze entstehen:
CO, CO₂, H₂O, H₂ etc.
- Kohlenstoffgerüst –
Glut ohne Flamme und Rauch
(C zu CO und CO₂)



Verbrennung: Benzin/Diesel

- Wenn man eine brennende Zigarette in eine Benzin-Lacke wirft, beginnt das Benzin zu brennen.
Eine brennende Zigarette in eine Diesel-Lacke geworfen, hat keine Folgen.
Allerdings können sowohl Benzin- als auch Diesel PKW bei einem Unfall in Brand geraten. Warum?

Verbrennung: Benzin/Diesel

- **Benzin:**

Kohlenwasserstoffmoleküle sind relativ klein, aus diesem Grund ist der Siedepunkt von Benzin niedrig und es verdampft leicht. Die Benzindämpfe lassen sich leicht entzünden.

Benzindämpfe sind schwerer als Luft sind und breiten sich rasch am Boden aus, sodass nach einiger Zeit eine Benzin-Lacke in einiger Entfernung von der Flüssigkeit angezündet werden kann.

- **Diesel**

Die Kohlenwasserstoffmoleküle sind größer und verdampfen somit schwerer. Um Diesel zu entzünden, muss er erst erwärmt werden.

„Verbrennung“ einer Kerze



Anknüpfungspunkte



- Allgemein:
 - Aufstellen von Reaktionsgleichungen
 - Gefahren
 - Oxidation - Reduktion
- Erdölraffinerie
- Kohlenstoffhaushalt der Erde (Treibhauseffekt)
- Müllverbrennung

Zusammenfassung



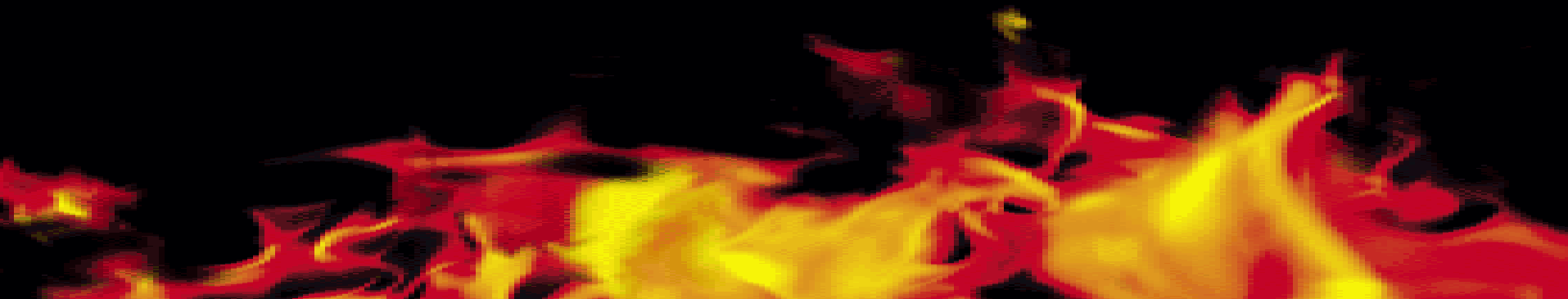
- Verbrennung: Redoxreaktion mit Sauerstoff
 - Vollständig (CO_2 und H_2O)
 - Unvollständig (Nebenprodukte)
- Verbrennung von Holz, Kraftstoff, Kerze
- Schüler: Probleme beim Verständnis der Kohlenstoffverbrennung

Literatur

- <http://de.wikipedia.org/wiki/verbrennung>
- <http://www.der-gruene-faden.de/text/text858.html>
- <http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/v/verbrennung.htm>
- <http://www.testo.de/DE/de/site/Aktuell/files/Kap02.pdf>
- <http://www.hamburger-bildungsserver.de/welcome.phtml?unten=/klima/klimawandel/blk-co1-41.html>
- <http://www.chemienet.info/4-ver.html>
- <http://www.rzuser.uni-heidelberg.de/~hw4/NIR/PR/rnz10xii98.htm>
- <http://www.isoliert.de/Phlogistontheorie.htm>
- http://www.kopfball-online.de/experimente/exp990530_a.html
- <http://www.chemie-webverzeichnis.de/experiment-videos>
- <http://www.pc.chemie.uni-siegen.de/pci/versuche/v41-1.html>
- <http://schulen.eduhi.at/chemie/pyro9.htm>
- <http://www.mweller.de/privat/zula/gesch/verf03.htm>

- <http://www.fach-chemie.de/grundgesetze/historie/phlogistontheorie.html>
- http://www.uni-karlsruhe.de/~ed01/kurs/hpc/3_revolution.htm
- <http://www.uni-bayreuth.de/departments/didaktikchemie/umat/alchemie/alchemie.htm>
- <http://www.museumonline.at/1999/schools/classic/spittaladdrau/NonFrame/HTML/chemiker/Georg%20Ernst%20Stahl.htm>
- <http://www.mdr.de/geschichte/personen/143187.html>

Danke für die
Aufmerksamkeit!



Anhang



Oxidation – Reduktion
im Wandel der Zeit

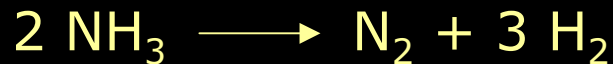
Oxidation – Reduktion früher

- Lavoisier und andere

- Oxidation: Aufnahme von Sauerstoff



bzw. Abgabe von Wasserstoff



- Reduktion: Abgabe von Sauerstoff



bzw. Aufnahme von Wasserstoff



Oxidation – Reduktion heute



- Oxidation
 - Abgabe von Elektronen
(Erhöhung der Oxidationszahl)
- Reduktion
 - Aufnahme von Elektronen
(Erniedrigung der Oxidationszahl)

Redox-Reaktionen

- **Elektronenübertragungsreaktionen**

- beteiligt sind immer zwei Redox-Paare
- $\text{Ox}_1 + \text{Red}_2 \longrightarrow \text{Red}_1 + \text{Ox}_2$

Oxidationsmittel Ox_1 (nimmt e^- von Red_2 auf und wird dabei zu Red_1 reduziert)

Reduktionsmittel Red_2 (gibt e^- an Ox_1 ab und wird dabei zu Ox_2 oxidiert)



Redoxpaar 1: Zn/Zn^{2+}

Redoxpaar 2: Cu^{2+}/Cu