

Aufbau und Funktionsweise eines Raketenantriebs

Aufgaben:

Die Abbildung (A) zeigt die Schemazeichnung einer Rakete des Typs Ariane 5. Die zweite Abbildung (B) zeigt eine nochmals vergrößerte Darstellung des Haupttriebwerks.

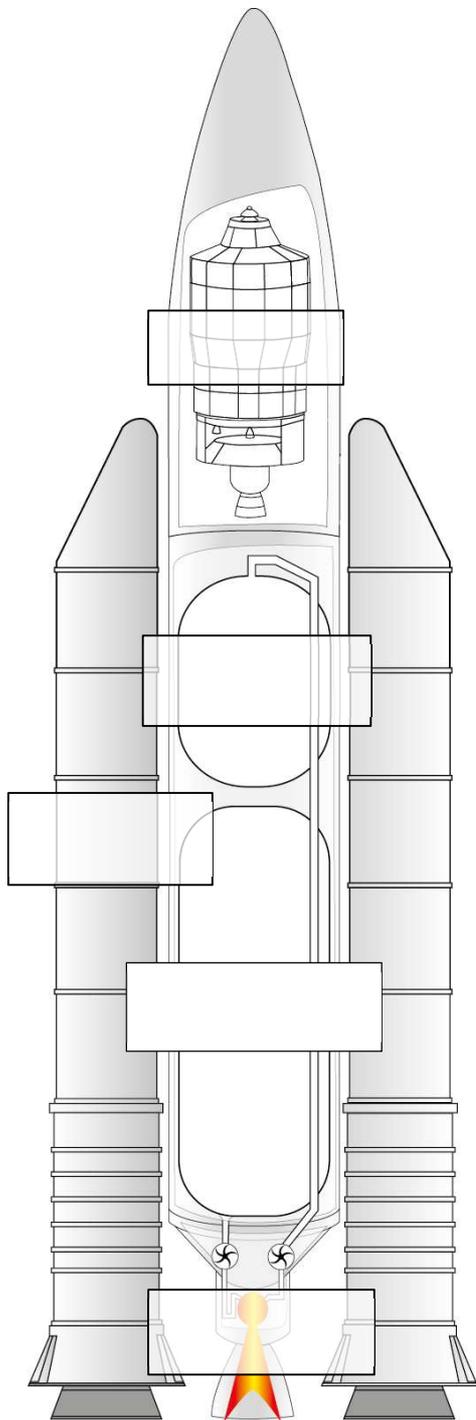
1. Beschrifte die beiden Abbildungen mit den entsprechenden Fachbegriffen.
Als Informationsquelle kannst du den Film „Raketenantrieb“ aus der Reihe „Die Sendung mit der Maus“ benutzen.
<https://www.youtube.com/watch?v=MXi3H-JwSUU>

Fachbegriffe:

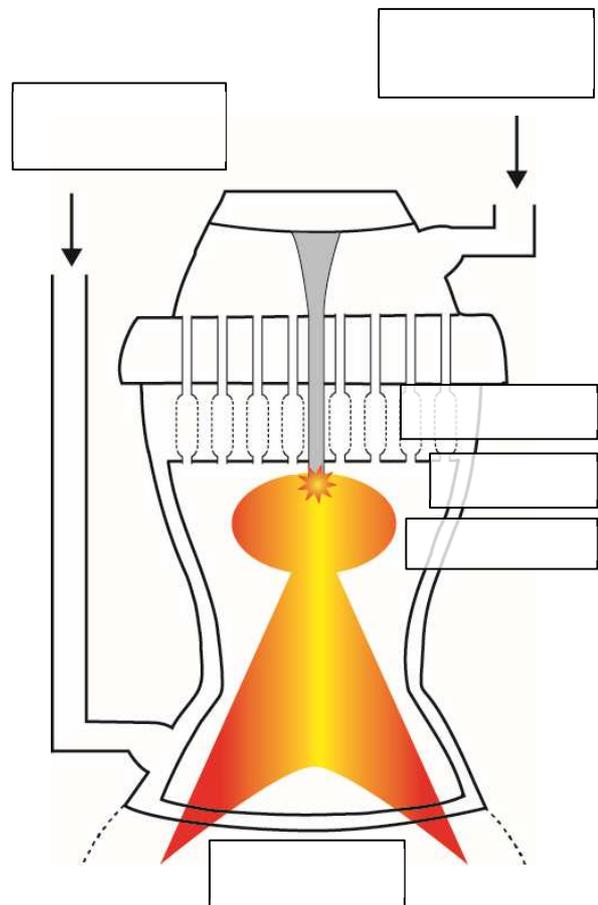
gasförmiger Wasserstoff, Feststoffbooster, flüssiger Sauerstoff, Nutzlast, Brennraum, gasförmiger Sauerstoff, flüssiger Wasserstoff, Gasdüse(n), Triebwerk Hauptstufe, Zündung, Rückstoß

2. Zeichne in der Abbildung (B) die Wege der beiden Gase Wasserstoff und Sauerstoff ein.
Verwende für Wasserstoff rot und für Sauerstoff blau.
3. Begründe die Tatsache, dass die beiden Gase erst in dem Brennraum des Triebwerkes zusammengeführt werden.
4. Erkläre mit eigenen Worten die Vorgänge, die die Hauptstufe der Rakete antreiben.

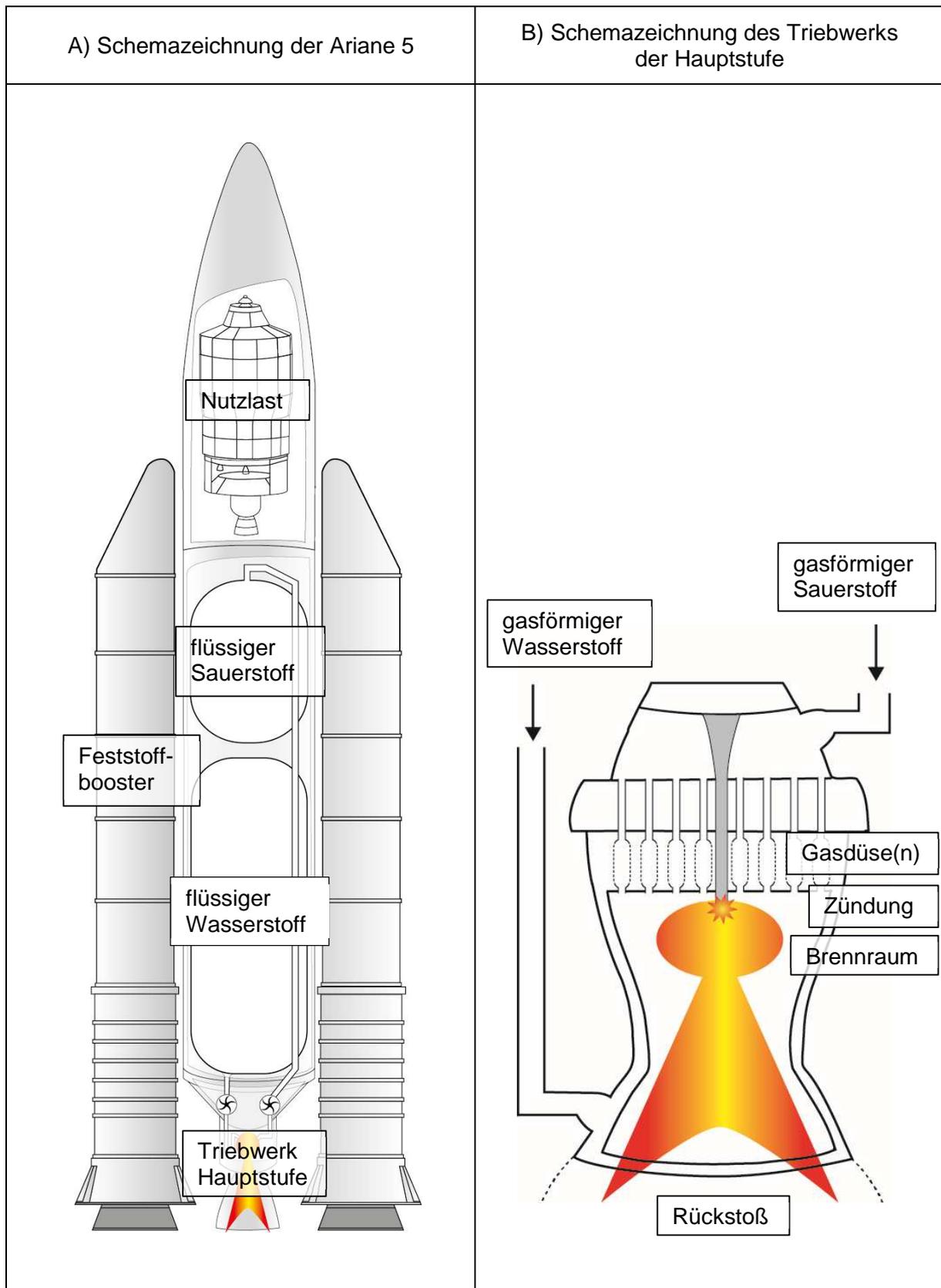
A) Schemazeichnung der Ariane 5



B) Schemazeichnung des Triebwerks der Hauptstufe



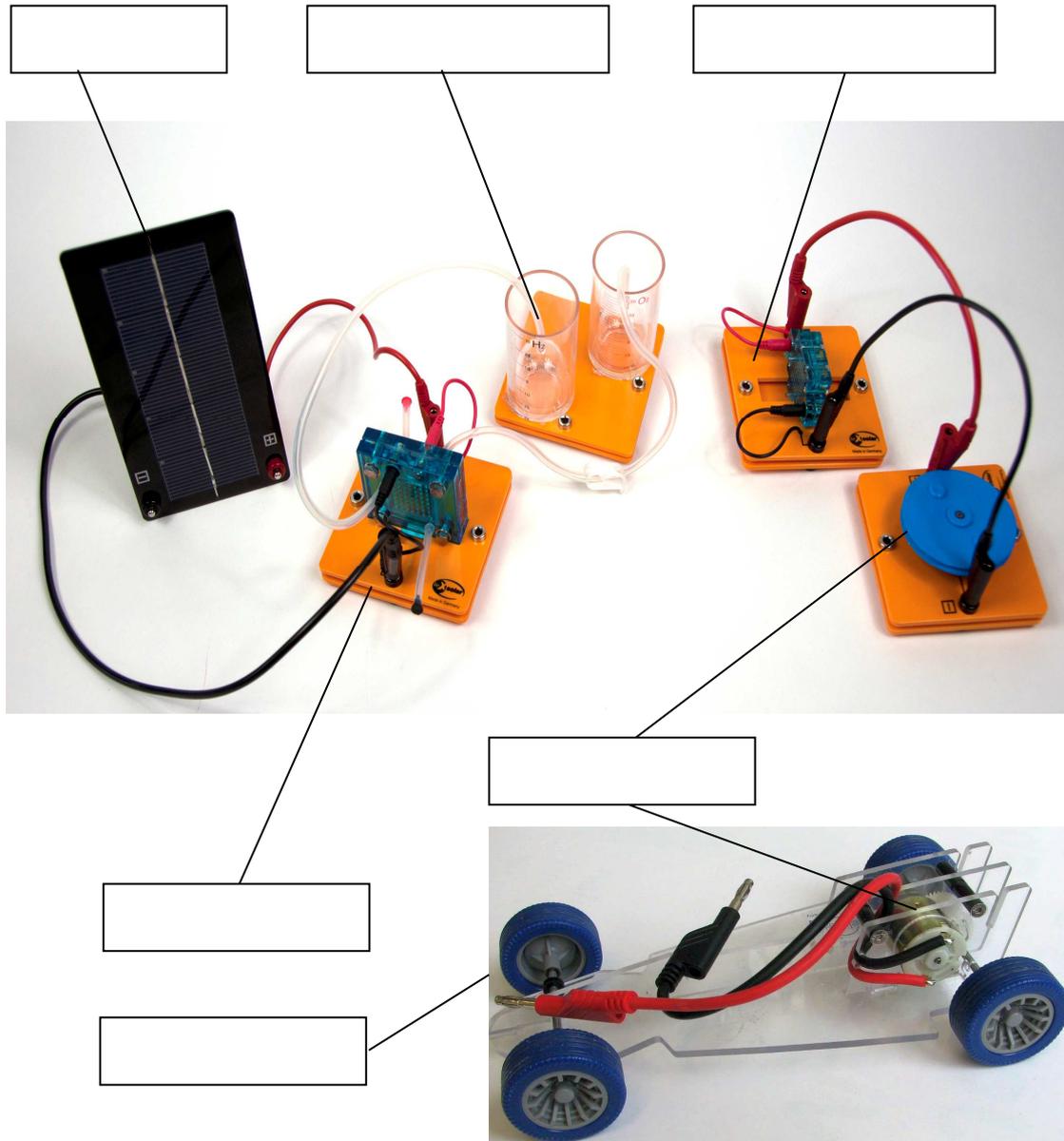
Lösung:



Bauteile eines Wasserstoff-Modellautos und deren Funktion

Arbeitsauftrag:

Im Chemieunterricht hast Du mit einem Modell eines Brennstoffzellen-Autos gearbeitet. **Beschrifte** die folgende Abbildung, die die typischen Bestandteile eines Modells eines Brennstoffzellen-Fahrzeugs zeigt.



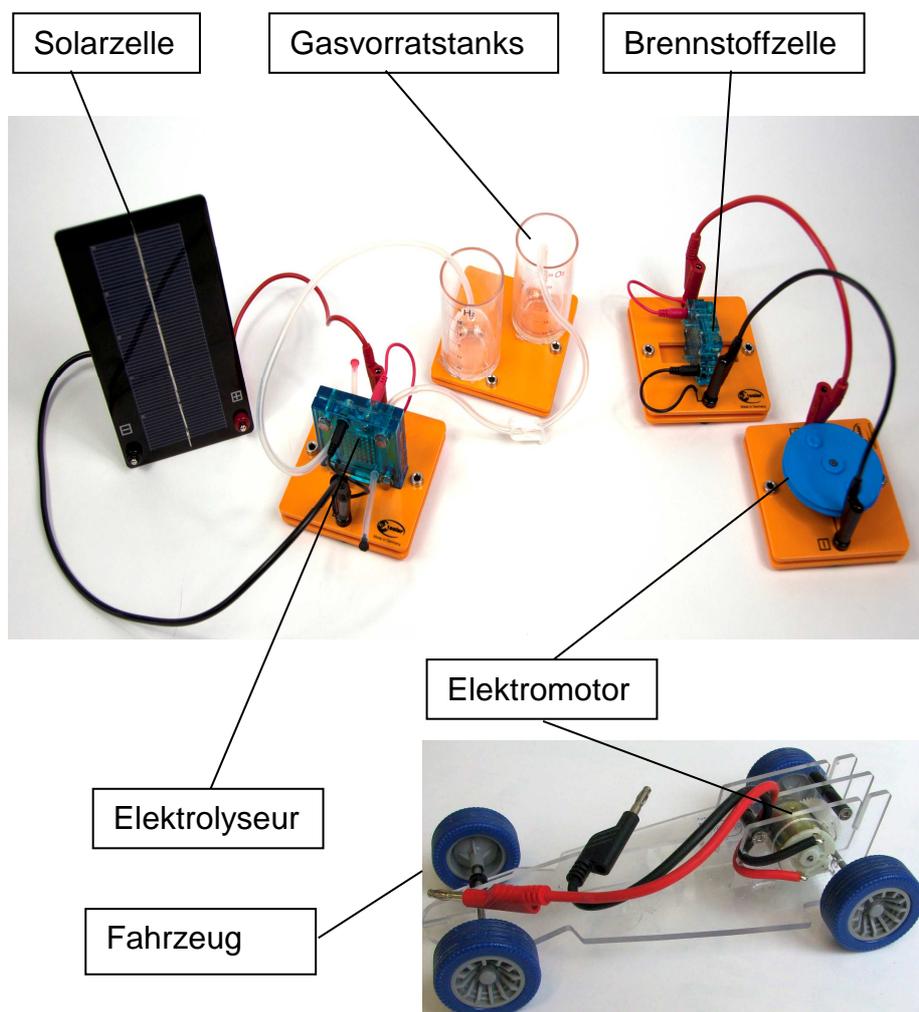
Vergleiche die Abbildung mit dem Modell-Fahrzeug in deiner Schule. Sind bei deinem Fahrzeug alle Teile enthalten?

Ordne den Bauteilen passende Vorgänge und Fachbegriffe zu. Zerschneide dazu die Tabelle in Schnipsel und bringe die Bauteile des Wasserstoff-Modellautos (grau unterlegt) in eine sinnvolle Reihenfolge.

Elektrolyseur	führt Wasserstoff und Sauerstoff kontrolliert zusammen und bringt beide Stoffe zur Reaktion.	
Fahrzeug	Wasser entsteht. Dabei wird Energie in Form von elektrischer Energie frei.	
liefert Energie	bewegt sich durch drehende Räder.	
endothermer Vorgang	zerlegt Wasser mit Hilfe elektrischer Energie in Wasserstoff und Sauerstoff.	
Synthese	wandelt die elektrische Energie in Bewegungsenergie um.	
Lampe bzw. Sonne	wandelt Lichtenergie in elektrische Energie um.	
exothermer Vorgang	Solarmodul	Elektromotor
Analyse	Gasvorratstanks	Brennstoffzelle
	mobile Brennstoffspeicherung	

Lösung:

Bauteile	Funktion/chemischer Fachbegriff
Lampe bzw. Sonne	liefert Energie.
Solarmodul	wandelt Lichtenergie in elektrische Energie um.
Elektrolyseur	zerlegt Wasser mit Hilfe elektrischer Energie in Wasserstoff und Sauerstoff.
	endothermer Vorgang
	Analyse
Brennstoffzelle	führt Wasserstoff und Sauerstoff kontrolliert zusammen und bringt beide Stoffe zur Reaktion.
	Wasser entsteht. Dabei wird Energie in Form von elektrischer Energie frei.
	exothermer Vorgang
	Synthese
Gasvorratstanks	mobile Brennstoffspeicherung
Elektromotor	Im ... wandelt sich elektrische Energie in Bewegungsenergie um.
Fahrzeug	bewegt sich durch drehende Räder.



Verschiedene schematische Darstellungen der chemischen Reaktion

Stoffebene <i>Bildschema</i>		+		→	
Stoffebene <i>Wortschema</i>		+		→	
Teilchenebene <i>Kugelschema</i> <i>(ohne erkennbare Bindungen)</i>		+		→	
Teilchenebene <i>Formelschema</i> <i>(ohne erkennbare Bindungen)</i>		+		→	
Teilchenebene <i>Kugelschema mit Atombindung</i> <i>(man erkennt bindende Elektronenpaare)</i>		+		→	
Teilchenebene Formelschema in Valenz(Lewis)- schreibweise <i>(man erkennt freie und bindende Elektronenpaare)</i>		+		→	
Energieebene <i>Gesamtenergiebilanz</i>					
<i>Reaktionsenthalpie</i>					

LE 1: Wasserstoff verbrennen (Knallgasprobe)

Stoffebene

Stoffebene <i>Bildschema</i>		+		→	
	Brennbares, unsichtbares Gas		Nicht brennbares, unsichtbares Gas		Farblose Flüssigkeit
Stoffebene <i>Wortschema</i>	Wasserstoff	+	Sauerstoff	→	Wasser
Teilchenebene <i>Kugelschema</i> <i>(ohne erkennbare Bindungen)</i>		+		→	
Teilchenebene <i>Formelschema</i> <i>(ohne erkennbare Bindungen)</i>		+		→	
Teilchenebene <i>Kugelschema mit Atombindung</i> <i>(man erkennt bindende Elektronenpaare)</i>		+		→	
Teilchenebene Formelschema in Valenz(Lewis)-schreibweise <i>(man erkennt freie und bindende Elektronenpaare)</i>		+		→	
Energieebene <i>Gesamtenergiebilanz</i>					
<i>Reaktionsenthalpie</i>					

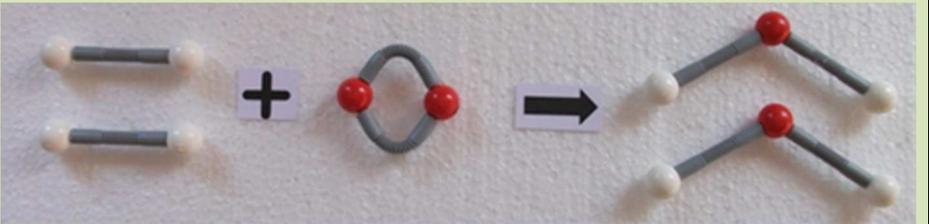
LE 2: Wasserstoff verbrennen (Knallgasprobe)

Energieebene

Stoffebene <i>Bildschema</i>		+		→	
	Brennbares, unsichtbares Gas		Nicht brennbares, unsichtbares Gas		Farblose Flüssigkeit
Stoffebene <i>Wortschema</i>	Wasserstoff	+	Sauerstoff	→	Wasser
Teilchenebene <i>Kugelschema</i> <i>(ohne erkennbare Bindungen)</i>		+		→	
Teilchenebene <i>Formelschema</i> <i>(ohne erkennbare Bindungen)</i>	2 H ₂	+	O ₂	→	2 H ₂ O
Teilchenebene <i>Kugelschema mit Atombindung</i> <i>(man erkennt bindende Elektronenpaare)</i>		+		→	
Teilchenebene <i>Formelschema in Valenz(Lewis)-schreibweise</i> <i>(man erkennt freie und bindende Elektronenpaare)</i>		+		→	
Energieebene <i>Gesamtenergiebilanz</i>	Energie, die man zum Spalten von zwei Mol (4g) Wasserstoffmolekülen benötigt. 2 · H-H spalten 2 · 436 kJ = +872 kJ ΔH = +872 kJ/mol		Energie, die man zum Spalten von einem Mol (32g) Sauerstoffmolekülen benötigt. 1 · O=O spalten +497 kJ ΔH = +497 kJ/mol		Energie, die bei der Bildung von zwei Mol (36g) Wassermolekülen frei wird. 4 · H-O bilden 4 · -463 kJ = -1852 kJ ΔH = -1852 kJ/mol
Reaktionsenthalpie	2 · 436 kJ + 1 · 497 kJ - 4 · 463 kJ = - 483 kJ ΔHR < 0, exotherm 483 kJ Energie werden bei der Verbrennung von zwei Mol (4g) Wasserstoff frei.				

LE 3: Wasserstoff verbrennen (Knallgasprobe)

Teilchenebene

Stoffebene <i>Bildschema</i>		+		→	
	Brennbares, unsichtbares Gas		Nicht brennbares, unsichtbares Gas		Farblose Flüssigkeit
Stoffebene <i>Wortschema</i>	Wasserstoff	+	Sauerstoff	→	Wasser
Teilchenebene <i>Kugelschema</i> <i>(ohne erkennbare Bindungen)</i>					
Teilchenebene <i>Formelschema</i> <i>(ohne erkennbare Bindungen)</i>	2 H ₂	+	O ₂	→	2 H ₂ O
Teilchenebene <i>Kugelschema mit Atombindung</i> <i>(man erkennt bindende Elektronenpaare)</i>					
Teilchenebene Formelschema in Valenz(Lewis)-schreibweise <i>(man erkennt freie und bindende Elektronenpaare)</i>	2 · H—H	+	⟨O=O⟩	→	2 · ⟨ O / \ H H ⟩
Energieebene <i>Gesamtenergiebilanz</i>	Energie, die man zum Spalten von zwei Mol (4g) Wasserstoffmolekülen benötigt. 2 · H-H spalten 2 · 436 kJ = +872 kJ ΔH = +872 kJ/mol		Energie, die man zum Spalten von einem Mol (32g) Sauerstoffmolekülen benötigt. 1 · O=O spalten +497 kJ ΔH = +497 kJ/mol		Energie, die bei der Bildung von zwei Mol (36g) Wassermolekülen frei wird. 4 · H-O bilden 4 · -463 kJ = -1852 kJ ΔH = -1852 kJ/mol
Reaktionsenthalpie	2 · 436 kJ + 1 · 497 kJ - 4 · 463 kJ = - 483 kJ ΔHR <0, exotherm 483 kJ Energie werden bei der Verbrennung von zwei Mol (4g) Wasserstoff frei.				

„Was werden wir später einmal statt Kohle verbrennen?“
fragte der Seemann. „Wasser“, antwortet Smith.
Wasserstoff oder Sauerstoff werden für sich oder
zusammen zu einer unerschöpflichen Quelle von Wärme
und Licht werden, von einer Intensität, die die Kohle
überhaupt nicht haben könnte; das Wasser ist die Kohle
der Zukunft.“

(Jules Verne: Die geheimnisvolle Insel, 1874)

Versuche zu den Eigenschaften von Wasserstoff (Lehrerversuche)

DGUV SR 2003							Weitere Maßnahmen: Explosions- gefahr!
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Wasserstoff R-Sätze: 12 S-Sätze: 9-16-33							

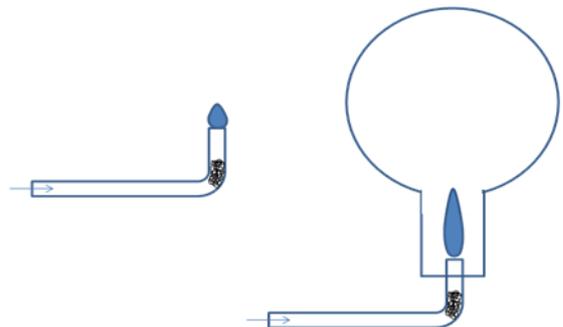
Materialien und Chemikalien:

Stativ, Klammer, Muffe, Streichhölzer, gewinkeltes Glasrohr mit ausgezogener Spitze und Rückschlagsicherung, Rundkolben, Stopfen, Wasserstoff aus der Druckgasflasche (Handhabung **nur** durch die Lehrperson!) oder aus einem Gasometer

Durchführung:

Ein Rundkolben wird mit Sauerstoff gefüllt. Dabei kann dies pneumatisch geschehen, oder durch direktes Einleiten des Sauerstoffs, wodurch mit der Zeit der Stickstoff der Luft verdrängt wird. Der Kolben wird mit einem Stopfen verschlossen.

Anschließend entzündet man den Wasserstoff am ausgezogenen Glasrohr mit Rückschlagsicherung. (Vor dem Entzünden die Knallgasprobe durchführen. Dabei muss der Wasserstoff nicht zwingend aus einer Gasflasche strömen, sondern kann in einem Gasometer gespeichert worden sein, das dann einen konstanten Wasserstoffstrom gewährleistet.)



Die Wasserstoffflamme wird auf eine mäßige Größe eingeregelt.

Anschließend führt man die Flamme in den vorbereiteten Kolben und die Schülerinnen und Schüler beobachten.

Beobachtungen:

Die Größe der Flamme nimmt zu.

Am Glas bilden sich kleine Flüssigkeitströpfchen.

Auswertung:

Die Reaktionsführung zeigt, dass der Wasserstoff reagiert, und zwar zunächst mit dem Sauerstoff aus der Luft, wodurch sich eine bestimmte Flammengröße einstellt, die durch den Gehalt von etwa 21Vol-% bedingt ist.

Setzt man die Flamme einer 100%igen Sauerstoffatmosphäre aus, so kommt es zu größeren Umsätzen, so dass sich eine größere Flamme ausbildet.

Beim Wasserstoff handelt es sich um den Brennstoff, der Sauerstoff unterhält die Verbrennung.

Wasserstoff reagiert mit [Sauerstoff](#) nach Zufuhr von [Aktivierungsenergie](#) zu [Wasser](#). Dabei wird Energie [frei](#).

Wortgleichung: [Wasserstoff](#) + [Sauerstoff](#) → [Wasser](#)

Die sich bildende Flüssigkeit müsste grundsätzlich als Wasser nachgewiesen werden. Da den Schülerinnen und Schüler ein solcher Nachweis zu diesem Zeitpunkt noch nicht zwingend bekannt ist, besteht die Möglichkeit, den **Wassernachweis** mit weißem Kupfersulfat, Watesmo-Papier oder Cobaltchlorid-Papier einzuführen.

Dichte von Wasserstoff

(in Verbindung mit der Tatsache, dass er die Verbrennung nicht unterhält)

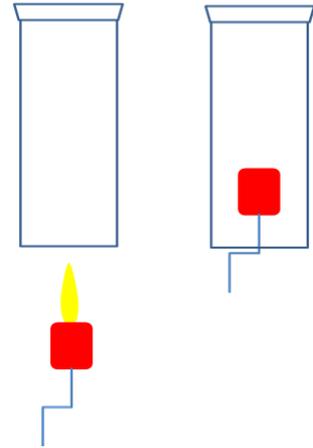
Materialien und Chemikalien:

Stativ, Klammer, Muffe, Streichhölzer, Kerze auf einem Metalldraht, Standzylinder, Wasserstoff aus der Druckgasflasche (Handhabung **nur** durch die Lehrperson!)

Durchführung:

Ein Standzylinder wird kopfüber befestigt und mit Wasserstoff gefüllt. Dann führt man eine entzündete Kerze von unten zur Öffnung des Standzylinders.

Der Wasserstoff entzündet sich und man führt die Kerze sofort weiter in den Standzylinder hinein und wieder hinaus.



Beobachtungen:

Der Wasserstoff entzündet sich an der Kerzenflamme und brennt mit fahler Flamme. Beim Eintauchen der Kerze in den Standzylinder erlischt sie und entzündet sich beim Herausziehen wieder am Flammensaum.

(Dies lässt sich aber nur 2-3 Mal demonstrieren, da der Wasserstoff aus dem Standzylinder recht zügig verbraucht ist.)

Der Standzylinder beschlägt im Inneren mit feinen Flüssigkeitstropfen, wenn der Wasserstoff vollständig verbrannt ist.

Auswertung:

Die Reaktionsführung zeigt, dass der Wasserstoff leichter als Luft ist, da er aus dem kopfüber eingespannten Standzylinder nicht entweicht. Außerdem zeigt die erlöschende Kerze, dass Wasserstoff die Verbrennung nicht unterhält.

Gewinnung von Wasserstoff durch Elektrolyse

Im neuen Lehrplan für die naturwissenschaftlichen Fächer findet sich zum Themenfeld 3 Chemie folgende Aussage zum konzeptbezogenen Fachwissen:

Chemische Reaktion

Verbrennungen werden mit Reaktionsgleichungen beschrieben. Sie sind (prinzipiell) sowohl stofflich als auch energetisch umkehrbar (Analyse und Synthese von Wasser, endotherm und exotherm).

Besonders geeignet zur Demonstration der Umkehrbarkeit einer chemischen Reaktion ist die Synthese und Analyse von Wasser. Die Synthese kann in Form der Verbrennung und der Brennstoffzelle erfolgen.

Für die Analyse stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

- Analyse im Hofmannschen Zersetzungsapparat
- Analyse mit einem Elektrolyseur bzw. einer kombinierter Elektrolyse/Brennstoffzelle aus einem Versuchs-Kit zum Thema Wasserstoff oder Wasserstoffauto.

Mit beiden Versuchen wird die Bildung der Gase demonstriert.

Im Hofmann-Apparat kann die Gasbildung gut beobachtet und das Gas leicht entnommen werden. In der Regel ist dies kein Schülerversuch.

Die meisten Brennstoffzellen-Kits besitzen ebenfalls einen skalierten Gasspeicher und bieten auch eine Entnahme des gebildeten Gases an. Eingefüllt wird zumeist destilliertes Wasser. (Weitere Informationen in den Anleitungen dieser Versuchs-Kits.)

DGUV SR 2003							Weitere Maßnahmen: Text:
x	x	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Geräte:

Hofmannscher Zersetzungsapparat, Stativmaterial, Kabelmaterial, Spannungsquelle, Reagenzgläser, Brenner, Glimmspan, Streichhölzer

Chemikalien:

- Wasser, Natriumsulfat oder verdünnter Schwefelsäure

Versuchsdurchführung:

- Der Zersetzungsapparat wird mit verdünnter Schwefelsäure oder Natriumsulfat-Lösung gasfrei befüllt und die Elektroden mit der Spannungsquelle verbunden.
- Es wird mit ca. 6 Volt Gleichspannung elektrolysiert. (Es sollte schon vor der Unterrichtsstunde elektrolysiert werden, um ausreichende Gasmengen für die sich anschließenden Nachweise zu erhalten.)
- Entnahme des Gases aus dem Schenkel, an dem der Pluspol anlag und Nachweis mittels Glimmspanprobe.
- Entnahme des Gases aus dem Schenkel an dem der Minuspol anlag und Nachweise mittels Knallgasprobe.

Entsorgung: Lösung kann wieder verwendet werden.

Aufgaben (für Schülerinnen und Schüler):

1. Skizziere und beschrifte den Versuch sorgfältig.
2. Erkläre, welche Gase in den beiden Schenkeln entstanden sind
3. Formuliere die Wortgleichungen für den Wasserstoffnachweis.
4. Formuliere die Wortgleichung für die durch den elektrischen Strom bewirkte chemische Reaktion.

Foto zum Versuchsaufbau (Zugriff: 04.03.2015):

z. B. unter http://www.der-hedinger.de/uploads/tx_t3nav/026408C2-2899-43B1-B29D-46C29473F002.jpg

Filme (Zugriff 04.03.2015)

Hofmannscher Zersetzungsapparat: <http://www.youtube.com/watch?v=bf6YYwH6d28>

Glimmspanprobe: http://www.youtube.com/watch?v=laehfq-4_JE

Knallgas-Probe: <http://www.youtube.com/watch?v=m7xQml4OI5g>

Selbstbau-Hofmann: <http://www.youtube.com/watch?v=vfUNrAcEZBq>

Didaktische Hinweise:

Mit Hilfe des Hofmannschen Zersetzungsapparates wird die Elektrolyse des Wassers durchgeführt. Die Schülerinnen und Schüler erfahren dabei, dass die Verbindung Wasser in die Stoffe Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird (Analyse). Der Versuch schließt an die Verbrennung des Wasserstoffs zu Wasser an.

Sollen die Nachweise der Gase im Unterricht erfolgen, so muss unbedingt schon vor Unterrichtsbeginn elektrolysiert werden, um ausreichende Mengen vorliegen zu haben.

Dem Wasser muss Natriumsulfat oder Schwefelsäure zugesetzt werden, um eine ausreichende elektrische Leitfähigkeit und damit Produktbildung zu ermöglichen. Dies sollte mit den Schülerinnen und Schülern möglichst nicht besprochen werden, damit die Interpretation der Ergebnisse nicht unnötig erschwert wird.

Sollten die Nachweise der Gase noch nicht eingeführt worden sein, kann das an dieser Stelle erfolgen. Ein Vergleich mit Gasen aus der Druckflasche ist dazu notwendig.

Wird der Versuch im Anschluss an die Synthese des Wassers durch Verbrennung von Wasserstoff durchgeführt, dann kann die Reaktion auf den drei Ebenen Stoff, Teilchen (Modelle und Formeln) und Energie ausgewertet werden. Dabei können die Begriffe Analyse und Synthese herausgearbeitet und an einer Reaktion bearbeitet werden. Die jeweiligen Reaktionen können somit auf den drei Ebenen erklärt werden.

Rezensionen einiger Brennstoff-Zellen-Sets für den Unterricht

Im Folgenden sollen einige für den Schulunterricht bzw. für andere Bildungseinrichtungen am Markt erhältliche Brennstoffzellen-Sets mit bzw. ohne Brennstoffzellen-Auto vorgestellt werden. Die hier vorgenommene Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Zudem wird auf eine möglichst neutrale Darstellung Wert gelegt. Die genannten Angaben wurden bei Materialerstellung tagesaktuell recherchiert und sind unverbindlich.

Weitere Sets sind z. B. bei Opitec, Pearl erhältlich. Zudem gibt es bei nahezu allen Lehrmittelherstellern etwa unter dem Stichwort „Erneuerbare Energie“ diverse Angebote, die zum Teil auch für den Einsatz im Physik- bzw. Technikunterricht zusammengestellt wurden und somit mehr oder weniger freie Schüleraktivität zulassen.

HERSTELLER: H-TEC-EDUCATION-GmbH

<http://www.h-tec.com/de/education/produkte/tutorial/teacher-set/>

Tutorial Teacher Set



H-TEC EDUCATION GmbH, Lübeck

Zubehör:

Elektrolyseur, reversible Brennstoffzelle, (H_2/O_2 /Luft), zerlegbare Brennstoffzelle, Brennstoffzelle (Methanol/Luft), zwei Gasspeicher, Solarmodul, Ventilator (Verbraucher), magnetische Grundplatte, Chassis, Auto, Batteriehalter und AC-Netzteil, magnetische Wandhalter, diverse Kabel- und Schlauchverbindungen, ausführliche Begleitmaterialien mit Versuchsanleitungen

Beschreibung:

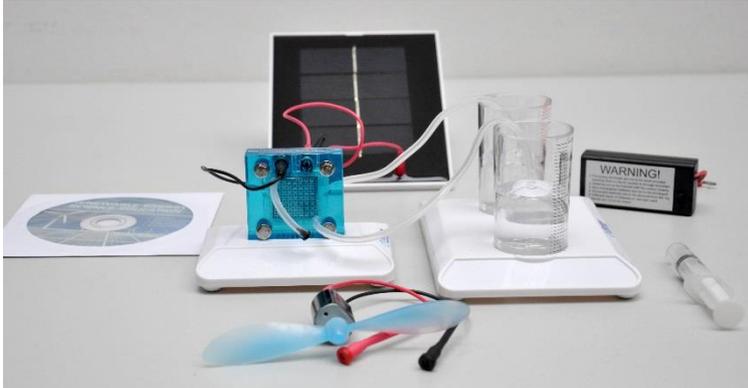
Aufgrund der Materialien und Versuchsanleitungen ist ein Einsatz in der Sek. I und Sek. II möglich. Das Set erlaubt den flexiblen Aufbau verschiedener Anwendungsbeispiele aus Wirtschaft und Technik. Eine der beigefügten Brennstoffzellen ist zerlegbar, so dass eine Betrachtung der einzelnen Bauteile ermöglicht wird. Klare und eindeutige Beobachtungen der Vorgänge beim Betrieb sind mit diesem Set möglich. Aufgrund der Möglichkeit, Wasserstoff in einem Tank aufzufangen, kann problemlos der Gasnachweis erfolgen. Im Paket enthalten ist zudem eine magnetische Grundplatte und entsprechende Wandhalterungen. Der Hersteller ermöglicht auf Anfrage die Bestellung einzelner zerlegbarer Brennstoffzellen.

Zu erwerben z. B. bei Klüver und Schulz, Bestell-Nr.: 1232584

HERSTELLER: Horizon

<http://www.horizoneducational.com/didactic-material/>
<http://www.horizonfuelcellshop.com/europe/products/>

Power-Set FCJJ-16



Zubehör:

Reversible Brennstoffzelle (Analyse und Synthese), zwei Gasspeicher, Solarmodul, Ventilator (Verbraucher), Batteriehalter, div. Kabel- und Schlauchverbindungen, ausführliche Begleitmaterialien mit Versuchsanleitungen

© by TW Horizon Fuel Cell Technologies

Beschreibung:

Das Set ermöglicht eine einfache Anwendung durch Schülerinnen und Schüler in der Sek. I. Die beigefügte Brennstoffzelle fungiert sowohl als Elektrolyseur als auch als Brennstoffzelle, so dass beide Vorgänge nicht gleichzeitig isoliert betrachtet werden können. Die Gasentnahme zum Gasnachweis ist über die Kunststoffschläuche möglich. Der beigefügte Ventilator dient als Verbraucher.

Zu erwerben z. B. bei www.conatex.de

iH2Go



Zubehör:

Brennstoffzellen-Auto mit iPad oder iPhone fernsteuerbar, Wasserstoff-Tankstelle mit Füllkolben, Solarmodul; Anleitungen und iPhone-App

© by TW Horizon Fuel Cell Technologies

Beschreibung:

Das Set enthält ein mittels iPhone bzw. iPad fernsteuerbares Brennstoffzellen - Auto, das mittels eines Elektrolyseurs mit Wasserstoff betankt werden kann. Ein Solarmodul und die entsprechenden Apps sind ebenfalls im Set enthalten. Auf der Seite des Herstellers Horizon wird die Funktionsweise des Autos im kurzen Film gezeigt.

Zu erwerben z. B. bei www.conrad.de

HERSTELLER: HELIOCENTRIS

<http://www.heliocentris.com/de/academia-angebot/produkte/schulprodukte.html>

Model Car Complete



Zubehör:

Reversible Brennstoffzelle, graduierte Gasspeicher, Solarmodul, Verbrauchermessbox, Autochassis, diverse Kabel, Experimentieranleitungen

Beschreibung:

Das Set enthält eine auf ein Autochassis montierbare reversible Brennstoffzelle (Synthese und Analyse), die für den Einsatz mit Schülerinnen und Schülern in der Sek. I dient. Der Gasnachweis von Wasser- und Sauerstoff kann mittels kleiner Reagenzgläser direkt an den entsprechenden Tanks der Brennstoffzelle erfolgen. Der Elektrolyseur wird mittels der beigefügten Solarzelle betrieben. Das Set kann auch ohne Verbrauchsmessbox (ca. 150 €) bzw. ohne Verbrauchsmessbox und Solarmodul (ca. 120 €) bestellt werden.

Zu erwerben z. B. bei didactic@heliocentris.com, Art.-Nr. 354

Cornelsen Experimenta

http://shop.corex.de/Sekundarstufe/Erneuerbare_Energien/76001-SEG_Energieumwandlung_3_Solar_Wasserstoff_Technologie

http://shop.corex.de/Sekundarstufe/Erneuerbare_Energien/76350-SEG_Energieumwandlung_2_heliocentris_Brennstoffzelle_und_Solar_Wasserstoff_Technologie

Dr FuelCell® Science Kit



Zubehör:

Reversible Brennstoffzelle, graduierte Gasspeicher, Solarmodul, Verbrauchermessbox, diverse Kabel, Experimentieranleitungen

Beschreibung:

Das Set enthält einen Elektrolyseur, der mittels der mitgelieferten Solarzelle zur Produktion von Wasserstoff und Sauerstoff genutzt werden kann. Beide Gase werden in den Gastanks oberhalb der Zelle aufgefangen und können leicht nachgewiesen werden. Mittels der mitgelieferten Brennstoffzelle kann die chemische Energie in elektrische Energie gewandelt werden, was mittels einer Verbrauchsmessbox gezeigt werden kann.

Das Set enthält kein Autochassis, aber man kann die beiden Prozesse der Elektrolyse und Synthese von Wasser gleichzeitig in zwei verschiedenen Bauteilen verfolgen.

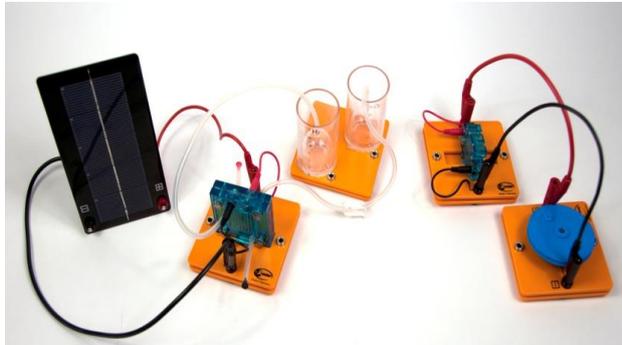
Zu erwerben z. B. bei Windhaus Labortechnik GmbH (Katalog 2014) www.winlab.de

Art-Nr. 790300923; Art-Nr. 790300916, Klassensatz (6 Stück)

HERSTELLER. LeXSolar GmbH

<http://www.lexsolar.de/index.php?site=shop&boxleft=4b>

LeXSolar - H2 Large 2.0



Zubehör:

Elektrolyseur, PEM-Brennstoffzelle, Solarmodul, SOFC-Brennstoffzelle, zwei Gasspeicher, Potentiometer, Motor, Gasbrenner, LeXSolar-Grundeinheit mit Schaltplänen, diverse Kabel- und Schlauchverbindungen, ausführliche Begleitmaterialien mit Versuchsanleitungen.

Beschreibung:

Aufgrund der Materialien und Versuchsanleitungen ist ein Einsatz in der Sek. I **und** Sek. II möglich. Neben der etablierten PEM-Brennstoffzellentechnik kann mittels der SOFC eine weitere Brennstoffzellen-Technologie experimentell erprobt werden. Aufgrund der Möglichkeit, Wasserstoff und Sauerstoff in zwei Tanks aufzufangen, kann problemlos der Gasnachweis erfolgen. Der Hersteller ermöglicht auf Anfrage die Bestellung einzelner weiterer Brennstoffzellen zum Aufbau eines Brennstoffzellen-Stacks. Zudem kann eine Ethanol-Brennstoffzelle zur Darstellung einer dritten Brennstoffzelle-Technologie erworben werden.

Zu erwerben bei LeXSolar GmbH

LeXSolar-H2 Minikit Modellauto



Zubehör:

Lampe, Solarmodul, abnehmbare Brennstoffzelle mit Gastanks, Modellauto-Chassis

Beschreibung:

Das Set enthält eine auf ein Autochassis montierbare reversible Brennstoffzelle (Synthese und Analyse). Der Gasnachweis von Wasser- und Sauerstoff kann mittels kleiner Reagenzglasgeräten direkt an den entsprechenden Tanks der Brennstoffzelle erfolgen. Der Elektrolyseur wird mittels der beigefügten Solarzelle bzw. einer mitgelieferten Klemmlampe betrieben.

Zu erwerben bei LeXSolar GmbH

Knallgasprobe zum Wasserstoff-Nachweis als Schülerübung

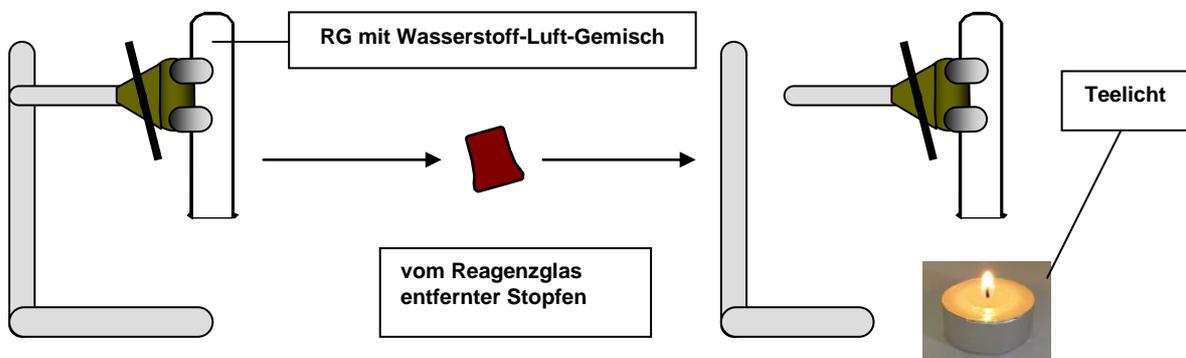
DGUV SR 2003							Weitere Maßnahmen: Explosions- gefahr!
x	x	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x	
Wasserstoff R-Sätze: 12 S-Sätze: 9-16-33							

Materialien und Chemikalien:

Stativ, Klammer, Muffe, Teelicht, Streichhölzer, 2 Reagenzgläser, ein Stopfen, Wasserstoff aus der Druckgasflasche (Handhabung **nur** durch die Lehrperson!)

Durchführung:

- Bereite dir an deinem Arbeitsplatz ein Stativ mit einer Muffe und einer Reagenzglasklammer vor.
- Hole dir bei deinem Lehrer ein Reagenzglas (RG), gefüllt mit Wasserstoff, ab. Verschließe das Reagenzglas direkt nach dem Befüllen mit einem Stopfen.
- Führe nun an deinem Arbeitsplatz selbstständig die Knallgasprobe durch.
 - Spanne das mit dem Stopfen verschlossene Reagenzglas mit der Öffnung nach unten in der Reagenzglasklammer ein. Jetzt kannst du in Ruhe ein Teelicht entzünden.
 - Nun kannst du die Klammer mitsamt dem befestigten Reagenzglas vom Stativ lösen und es gefahrlos „am langen Arm“ festhalten.
 - Entferne nun den Stopfen. Das Reagenzglas muss dabei weiterhin mit der Öffnung nach unten gehalten werden.
 - Führe nun das Reagenzglas vorsichtig in Richtung der brennenden Kerze und beobachte genau!



- Wiederhole den Versuch, nachdem du erneut ein sauberes Reagenzglas mit Wasserstoff bei deinem Lehrer abgeholt hast.

Beobachte nach dem Versuch die Innenwand des Reagenzglases!

Information:

Ein Gemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff ist explosionsfähig und heißt Knallgas.

Die Reaktion ist bei einem Volumenverhältnis von zwei Teilen Wasserstoff zu einem Teil Sauerstoff besonders heftig.

Ein Gemisch aus Wasserstoff und Luft ist bei einem Volumenanteil des Wasserstoffs zwischen 4 und 77% explosiv.

Den Nachweis von Wasserstoff bezeichnet man als Knallgasprobe.

Die Knallgasprobe dient zur Überprüfung der Reinheit einer Wasserstoff-Atmosphäre, um eine Explosion in einer Apparatur zu vermeiden.

Ein pfeifender Ton oder Knall bedeutet: Es liegt ein Wasserstoff-Luftgemisch vor (etwas Knallgas).

Ein ruhiges Abbrennen des Wasserstoffs bzw. schwaches Verpuffen („leises Plopp“) bedeutet: Im Reagenzglas liegt (fast) reiner Wasserstoff vor.

Beobachtung:

Der Wasserstoff reagiert mit einem Geräusch.

Die Teelichtflamme entzündet den Wasserstoff.

An der Reagenzglas-Innenwand sieht man Flüssigkeitströpfchen.

Auswertung:

Wasserstoff reagiert mit Sauerstoff nach Zufuhr von Aktivierungsenergie zu Wasser. Dabei wird Energie frei.

Wortgleichung: Wasserstoff + Sauerstoff → Wasser

Bilanzierung des Energieumsatzes bei Verbrennungsreaktionen

Hinweise:

Pro Schülerin bzw. Schüler oder Schülergruppe sind folgende Pfeilapplikationen notwendig: Diese sind für die Betrachtung der Verbrennung von Wasserstoff (LE 2) und Verbrennung von Methan (LE 5) zu verwenden.

Bindung	Energiepfeil	Anzahl für die Wasserstoff-Verbrennung	Anzahl für die Methan-Verbrennung	Summe
C-H	412 kJ	0	4	4
H-H	436 kJ	2	0	2
O=O	497 kJ	1	2	3
O-H	-463 kJ	4	4	8
C=O	-746 kJ	0	2	2

Im Onlinematerial findet sich eine entsprechende Kopiervorlage (LE2_Kopiervorlage Energiepfeile).

Information für die Schülerinnen und Schüler:

Zur **Spaltung** einer bestimmten Anzahl Wasserstoff-Wasserstoffbindungen benötigt man 436 kJ.

Bei der **Bildung** einer bestimmten Anzahl Wasserstoff-Wasserstoffbindungen werden 436 kJ an die Umgebung abgegeben.

Zur **Spaltung** einer bestimmten Anzahl Wasserstoff-Sauerstoffbindungen benötigt man 463 kJ.

Bei der **Bildung** einer bestimmten Anzahl Wasserstoff-Sauerstoffbindungen werden 463 kJ an die Umgebung abgegeben.

Zur **Spaltung** einer bestimmten Anzahl Sauerstoff- Sauerstoffdoppelbindungen benötigt man 497 kJ.

Bei der **Bildung** einer bestimmten Anzahl Sauerstoff- Sauerstoffdoppelbindungen werden 497 kJ an die Umgebung abgegeben.

Zur **Spaltung** einer bestimmten Anzahl Kohlenstoff-Wasserstoffbindungen benötigt man 412 kJ.

Bei der **Bildung** einer bestimmten Anzahl Kohlenstoff-Wasserstoffbindungen werden 412 kJ an die Umgebung abgegeben.

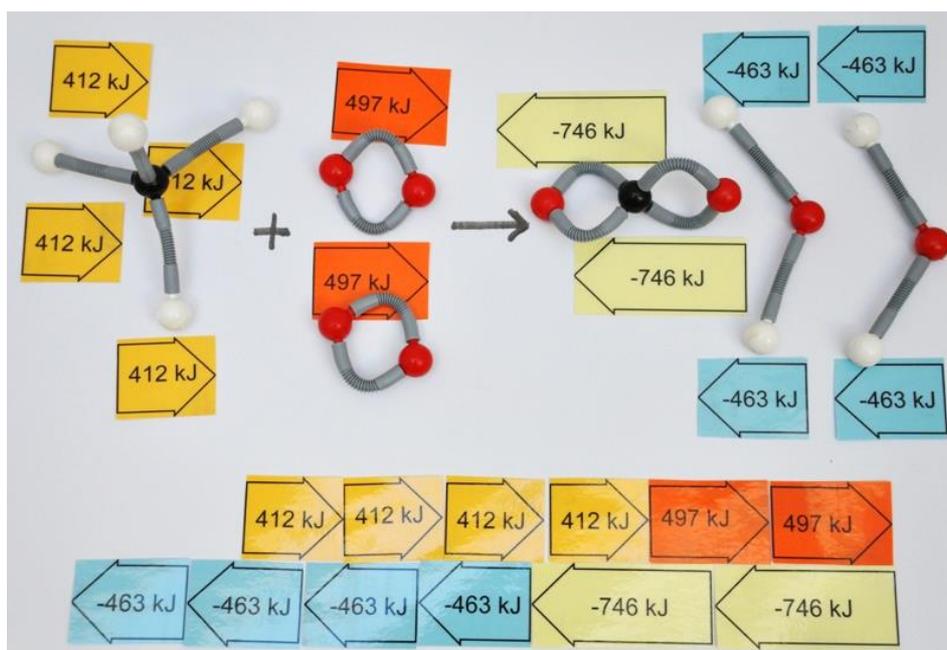
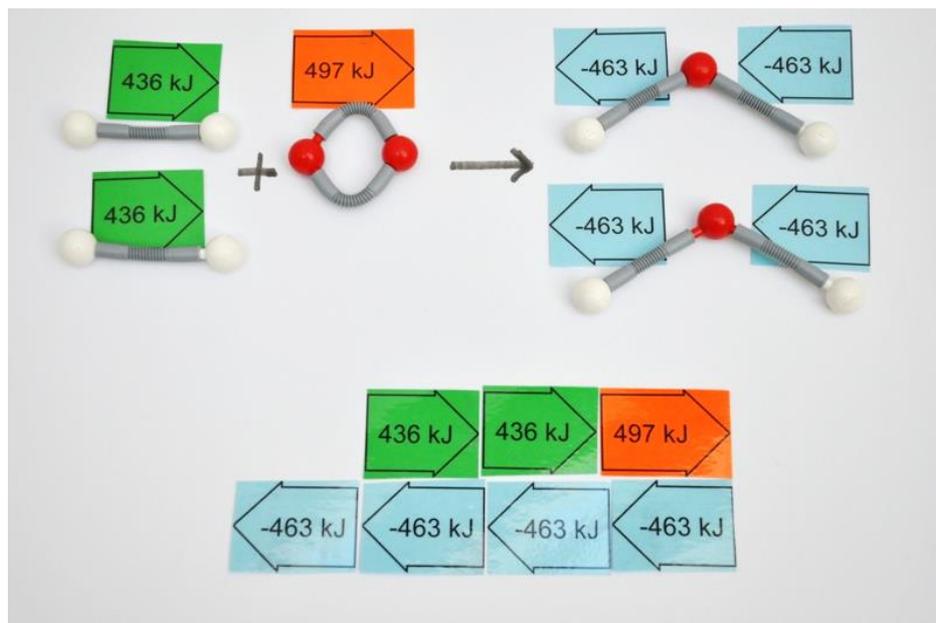
Zur **Spaltung** einer bestimmten Anzahl Sauerstoff-Kohlenstoffdoppelbindungen benötigt man 746 kJ.

Bei der **Bildung** einer bestimmten Anzahl Sauerstoff-Kohlenstoffdoppelbindungen werden 746 kJ an die Umgebung abgegeben.

Mögliche Arbeitsaufträge:

1. Lege mit den Molekülmodellen die Reaktionsgleichung für die Reaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff bzw. Methan mit Sauerstoff.
2. Nutze die Informationen zu den Energiebeträgen, um mit den Energiepfeilen herauszufinden, ob die chemische Reaktion exotherm oder endotherm verläuft.
3. Ermittle jeweils die Reaktionsenergie (in kJ) für die betrachtete Reaktion.

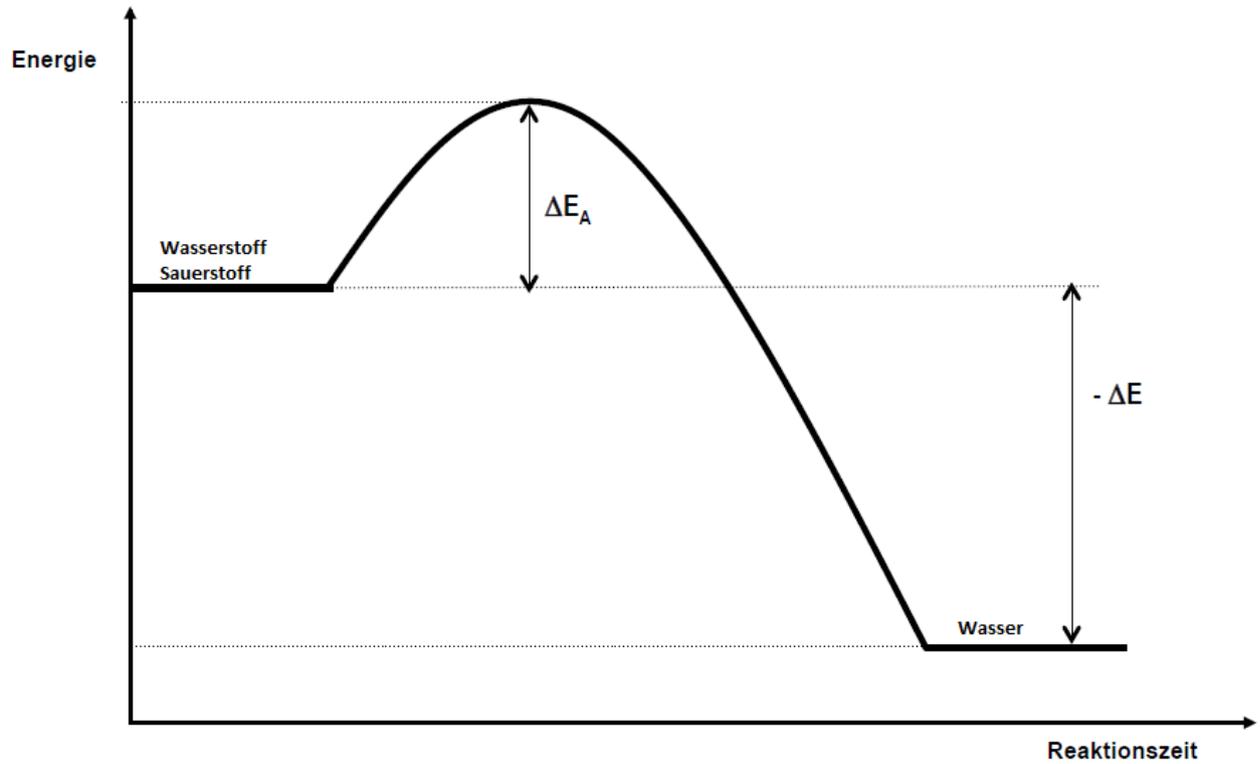
Lösungen:



Differenzierende Aufgabenstellungen

Energiediagramm A

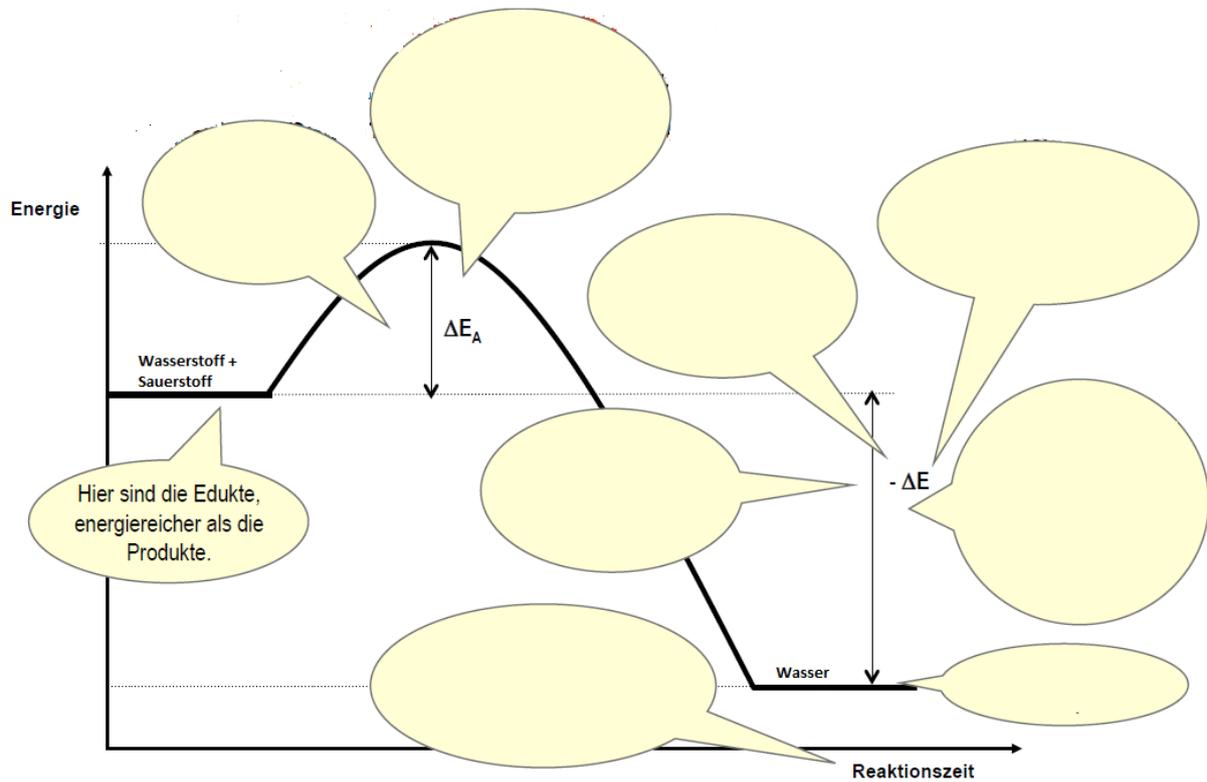
Arbeitsauftrag: Erläutere die Prozesse in den Diagrammabschnitten.



Energiediagramm B

Arbeitsauftrag:

1. Ordne die Sprechblasen an passende Stellen im Diagramm zu.
2. Fülle die leeren Sprechblasen aus.



Hier sind die Edukte, energiereicher als die Produkte.

Erst nach Energiezufuhr beginnt die Reaktion.

Jede Reaktion benötigt eine bestimmte Zeit,

Hier sind die Edukte,

Energieärmeres Reaktionsprodukt

Da $\Delta E < 0$ ist,

Die zum Starten der Reaktion nötige Energie, nennt man Aktivierungsenergie (E_A).

Frei werdende Energie bekommt immer ein negatives Vorzeichen

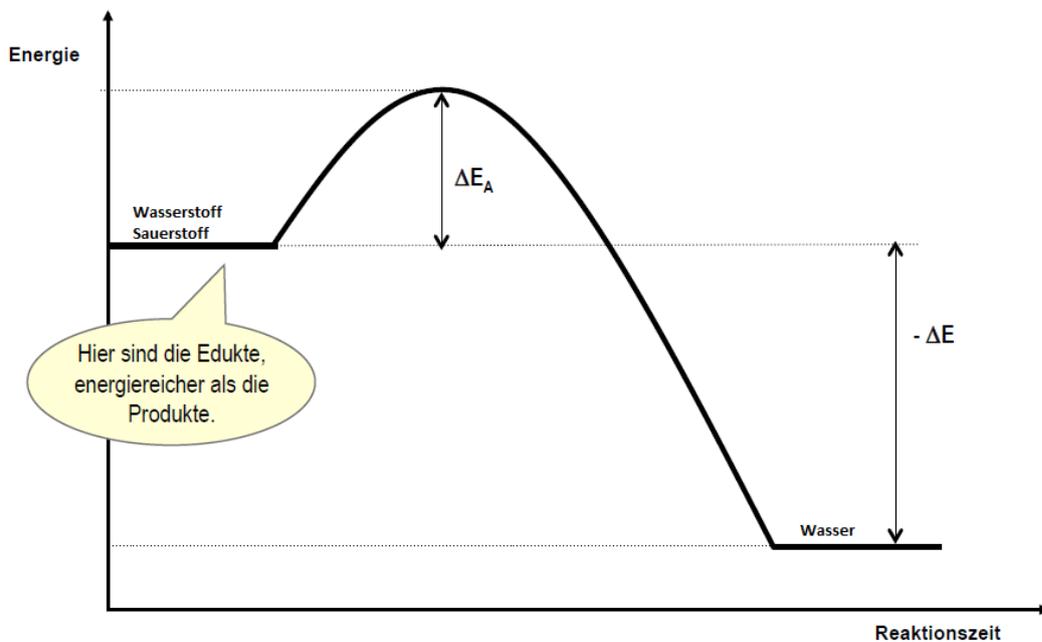
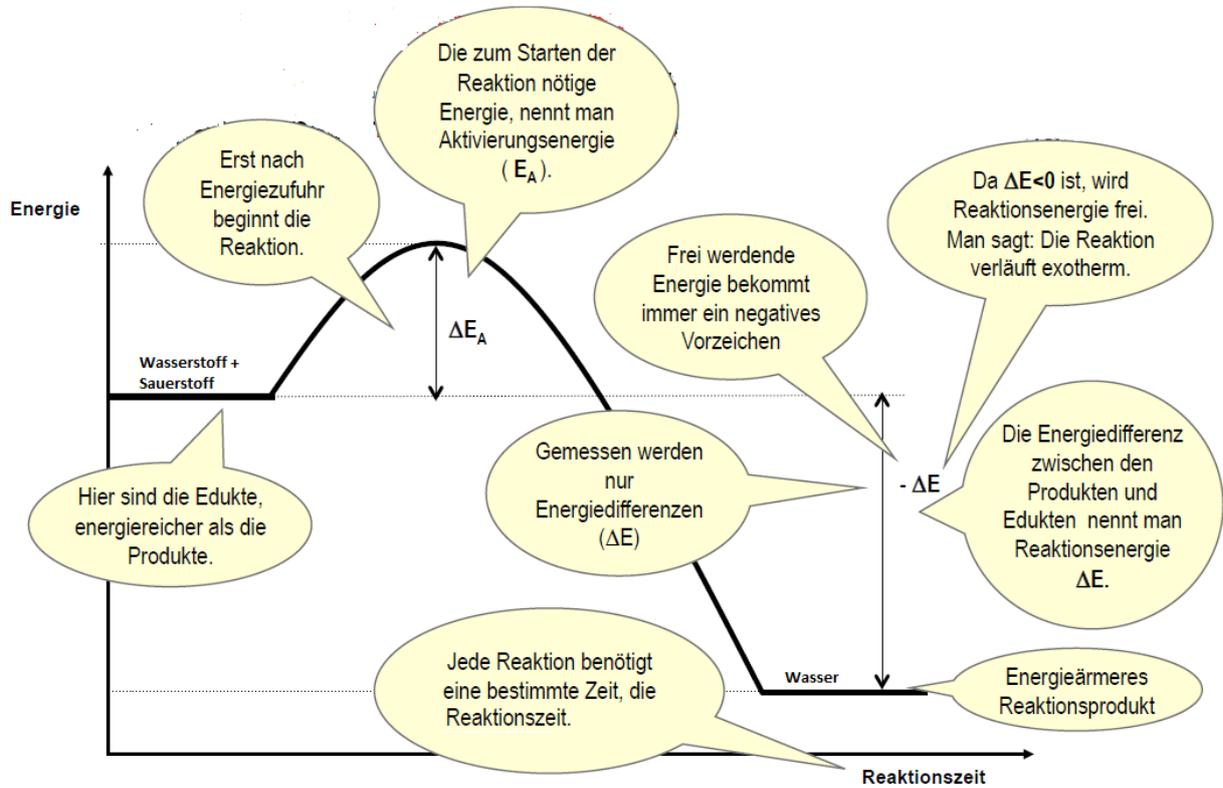
Gemessen werden nur Energiedifferenzen (ΔE)

Die Energiedifferenz zwischen den Produkten und Edukten nennt man Reaktionsenergie ΔE .

Energiediagramm C

Arbeitsauftrag:

Übe die Erläuterung der Prozesse in den Diagrammabschnitten und beschreibe sie dann.



Wir stecken ein Energiediagramm (Lehrerhinweise)

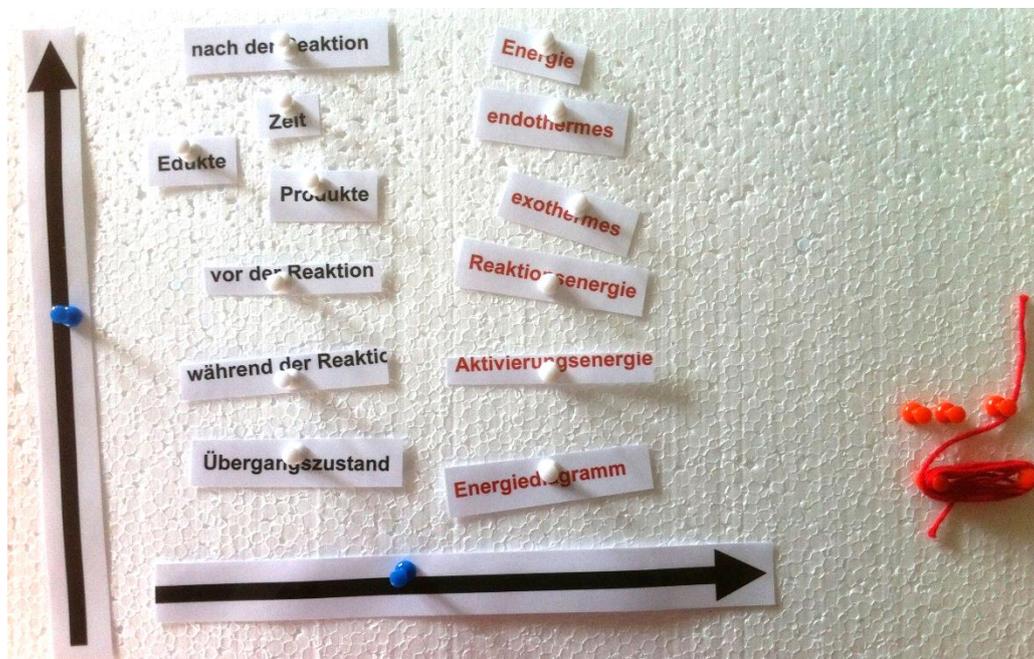
Vorbereitung der Aktivität:

Aus schwarzem (laminiertem), festerem Papier die Achsen ausschneiden.

Folgende Begriffe (sinnvoll in zwei verschiedenen Farben) auf festeres Papier ausdrucken, (laminieren) und schneiden.

Die Styroporplatte, Modelle der Edukte/Produkte/Übergangszustand, Pinnadeln und Wollfäden bereithalten.

Energie	vor der Reaktion
Aktivierungsenergie	während der Reaktion
Energiediagramm	nach der Reaktion
exothermes	Edukte
endothermes	Produkte
Reaktionsenergie	Übergangszustand
	Zeit



Vorbereitendes Unterrichtsgespräch:

- die Begriffe exotherm, endotherm, Aktivierungsenergie, Reaktionsenergie definieren und die Kärtchen zuordnen lassen
- die verschiedenen Kurvenverläufe der Schülerinnen und Schüler vergleichen und diskutieren lassen

Anmerkung:

Ob man den Schülern die zweite Spalte der Tabelle gleich gibt, selbst umklappt und ggf. einschneidet oder zum Nachschauen zur Verfügung vorhält, entscheidet die Lehrkraft entsprechend ihrer Lerngruppe.

Man kann die Leitgedanken der Tabelle/des Diagramms auch für die Reaktion **Wasserstoff verbrennen** mit den Schülern gemeinsam erarbeiten und dann eigenständig **Methan verbrennen** oder **Kohle verbrennen** stecken lassen. Der Vergleich der Aktivierungsenergien und der Reaktionsenergien der einzelnen Reaktionen ist dabei jeweils wichtig.

Differenzierung nach oben:

Für besonders gute Schülerinnen und Schüler kann man den Text in der Tabelle reduzieren bzw. weglassen.

Differenzierung nach unten:

Die Lehrkraft entwickelt mit den Schülerinnen und Schülern gemeinsam das Diagramm oder lässt sie das fertige Energiediagramm durch Sprechblasen ergänzen.

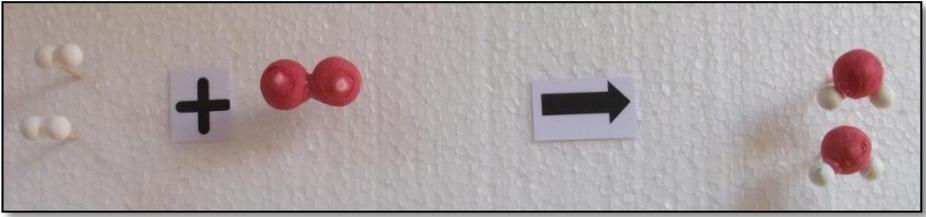
Wir stecken ein Energiediagramm (Schülerarbeitsblatt)

Naturwissenschaftler stellen vieles in einem Diagramm dar, dadurch wird es übersichtlicher. Du sollst nun ein Energiediagramm erstellen, das die Veränderungen der Energieinhalte der Stoffe bei der **Verbrennung von Wasserstoff** zeigt. Dazu hast du diverse Materialien zur Verfügung.

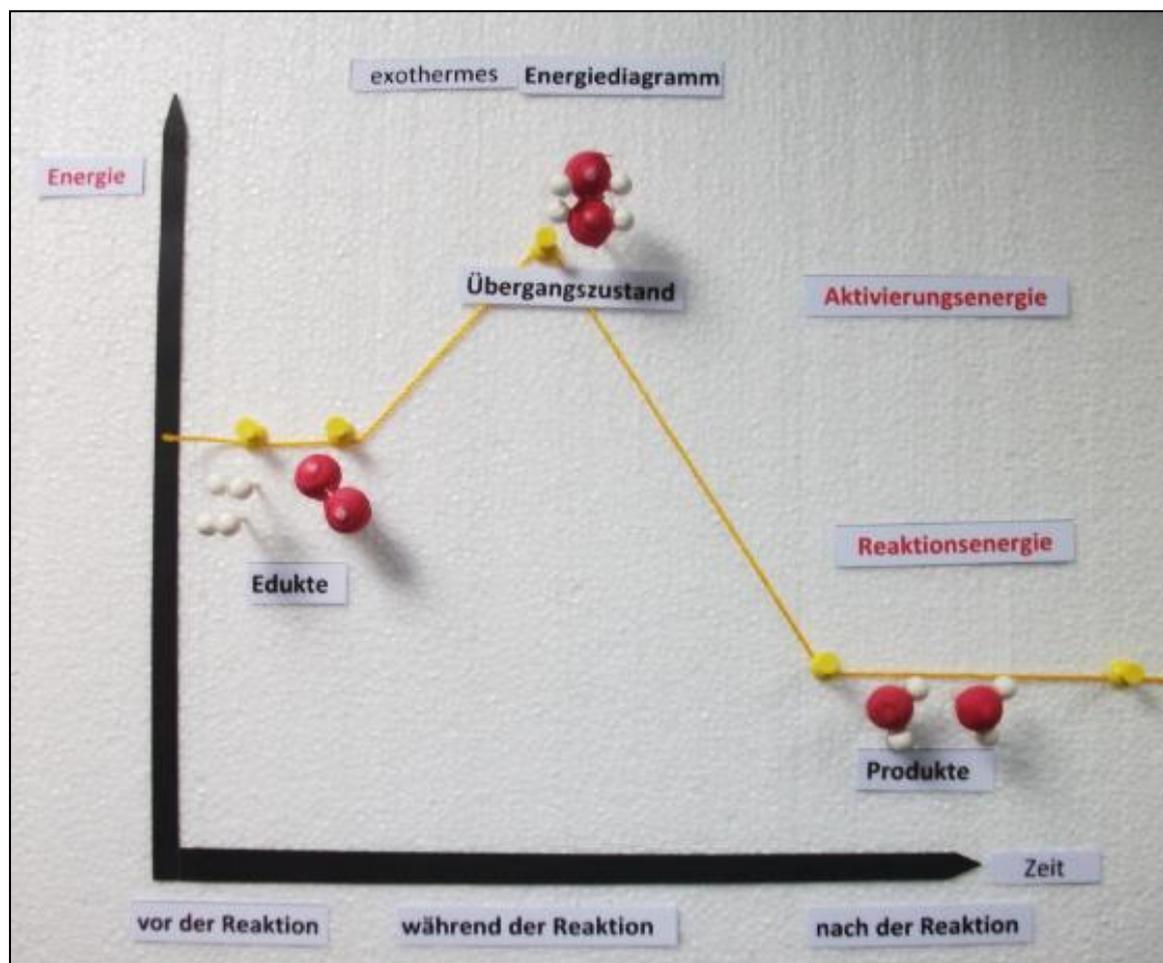
Als Hilfe kannst du dich an folgende Tabelle halten. Zur Kontrolle kannst du jeweils bei dem Arbeitsblatt die rechte Spalte aufklappen (und nur den jeweils benötigten Text lesen.)

Arbeitsanweisung	Hilfe
Überlege dir, was allen Diagrammen gemeinsam ist und lege diese Bestandteile auf die Styroporplatte. Ordne die Kärtchen vor, während und nach der Reaktion zu, markiere auf der x Achse den Start- und Endpunkt mit einer roten Nadel.	<i>Achsen, Achsenbeschriftung (Zeit auf die x-Achse)</i>
Die Stoffe vor der Reaktion haben eine bestimmte Energie gespeichert. Symbolisiere dies, indem du eine Nadel in beliebiger Höhe auf die Y-Achse pinnst.	
Überlege nun, wie/ob sich die Energie der Edukte verändert, wenn du bis zum Beginn der chemischen Reaktion nichts mit diesen machst. Stecke eine weitere Nadel, die dies symbolisiert.	<i>Energieinhalt hat sich nicht verändert. Nadel auf die gleiche Höhe stecken, nur weiter rechts (Auf der Zeitachse auf Höhe der roten Nadel).</i>
Die Reaktion startet, sobald man eine Flamme in die Nähe der Edukte bringt. Überlege, ob du den Stoffen durch das Anzünden Energie zuführst oder ob du Energie von den Edukten erhältst. Haben die Stoffe zu diesem Zeitpunkt der Reaktion mehr oder weniger Energie als vor der Reaktion? Stecke dazu erneut eine Nadel.	<i>Nadel höher stecken, da man Energie zuführt. (Auf der Zeitachse auf Höhe während der Reaktion).</i>
Stecke eine weitere Nadel, die den Energieinhalt des Produkts nach der Reaktion darstellt. Überlege, ob du im Laufe der Reaktion ständig Energie zuführen musstest oder ob du Energie erhalten hast. Haben die Stoffe zu diesem Zeitpunkt der Reaktion mehr oder weniger Energie als zu Beginn?	<i>Nadel tiefer stecken als zu Beginn, da Energie frei wird. (Auf der Zeitachse auf Höhe der zweiten roten Nadel).</i>
Überlege nun, wie/ob sich die Energie des Produkts in der nächsten Chemiestunde verändert hat und stecke eine Nadel dorthin.	<i>Energieinhalt hat sich nicht verändert. (Auf der Zeitachse auf Höhe nach der Reaktion)</i>
Stecke die Modelle, die die Stoffe der Reaktion symbolisieren, an die richtige Stelle des Diagrammes und lege die Textkärtchen Edukte, Produkte, Übergangszustand dran.	
Verbinde die Pinnadeln mit dem Faden, um eine Kurve zu erhalten.	<i>wird besprochen</i>
Zeichne diese nach der Besprechung in dein Heft.	<i>wird besprochen</i>
Wiederhole alles für die Reaktionen Verbrennung von Methan und Kohle .	<i>wird besprochen</i>

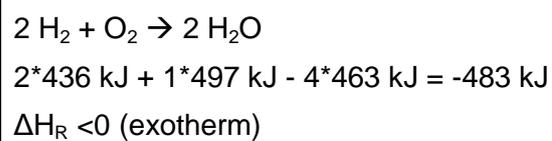
Mögliche Lösungen:

Stoffebene	Wasserstoff + Sauerstoff	→	Wasser		
Modellebene = Teilchenebene (einfach, ohne Bindungen)					
Repräsentations- ebene	2H_2	+	O_2	→	$2 \text{H}_2\text{O}$

Energie- und Teilchenebene (visualisiert)



Energieebene
(mathematisiert)
Nur als Vertiefung
oder später.



Wasserstoff ist ein _____

Bei der Verbrennung von Wasserstoff mit _____
wird Energie an die Umgebung _____.

Eine solche energiefreisetzende Reaktion nennt man eine
_____ Reaktion.

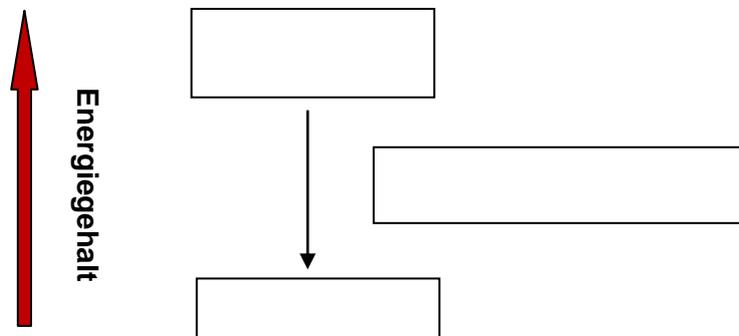
Um dies zu verdeutlichen nutzt man ein **Energiediagramm**.

Die y-Achse stellt den _____ eines Stoffes dar.

Die Energiedifferenz zwischen der Energie der Edukte und der Energie der
_____ nennt man _____.

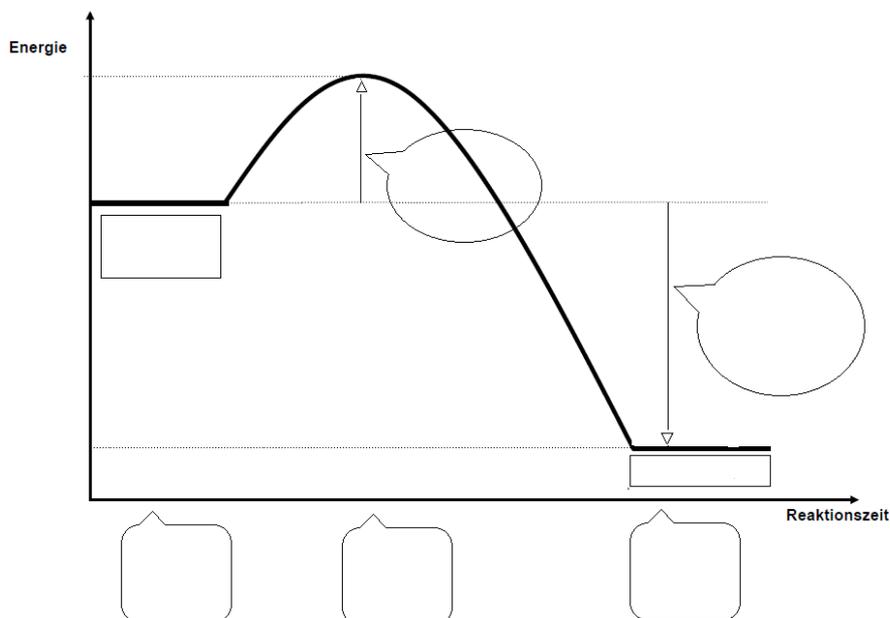


Letzte Reise der Hindenburg
am 06.05.1937



Wenn man als x-Achse zusätzlich den Reaktionsverlauf oder die Reaktionszeit darstellt, so kommt man zu folgendem Energieverlauf:

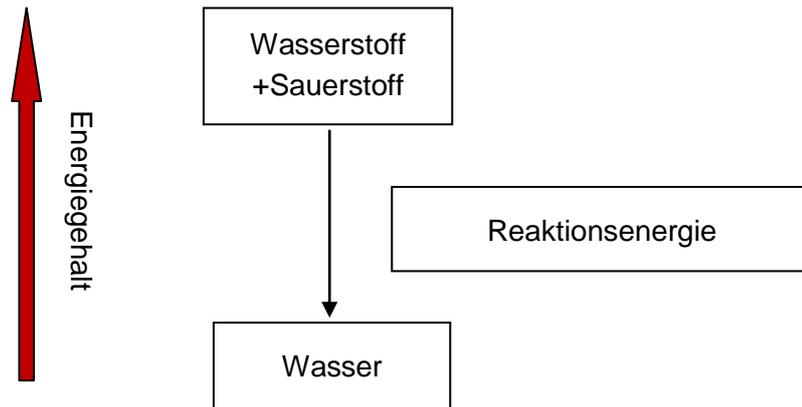
Energiediagramm für die Verbrennung von Wasserstoff mit Sauerstoff



Lösungsmöglichkeiten:

Wasserstoff ist ein **Energieträger**

Bei der Verbrennung von Wasserstoff mit **Sauerstoff** wird Energie an die Umgebung **abgegeben**, eine solche energiefreisetzende Reaktion nennt man **exotherme Reaktion**. Um dies zu verdeutlichen nutzt man ein Energiediagramm. Die y-Achse stellt den **Energiegehalt** eines Stoffes dar. Die Energiedifferenz zwischen der Energie der Edukte und der Energie der **Reaktionsprodukte** nennt man **Reaktionsenergie**.

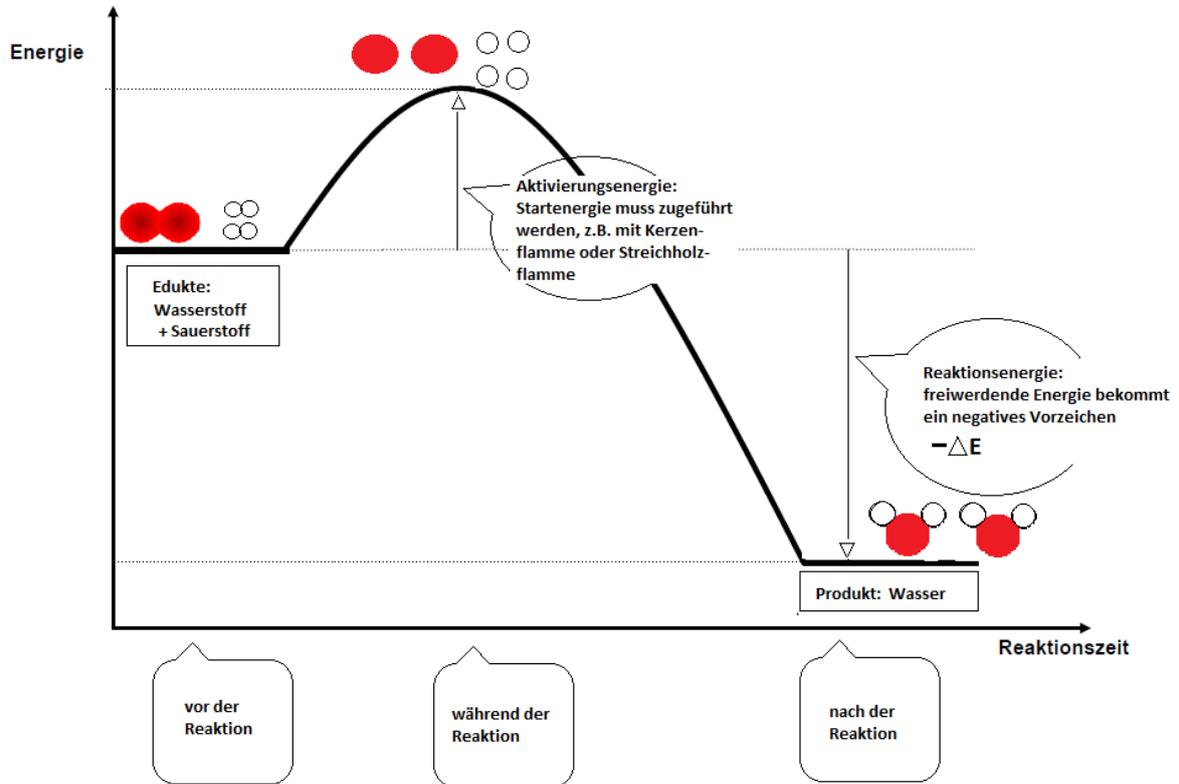


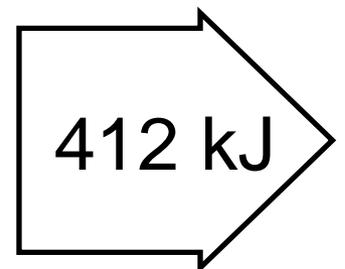
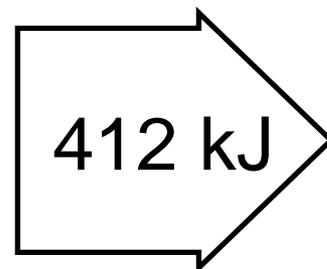
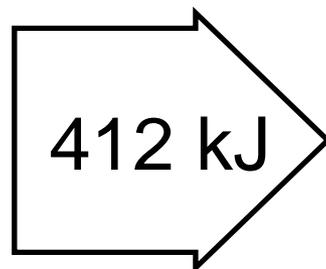
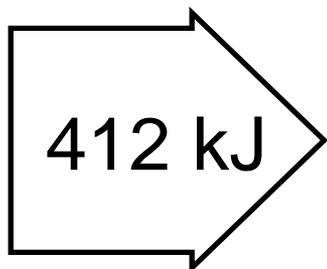
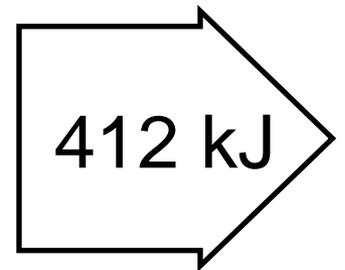
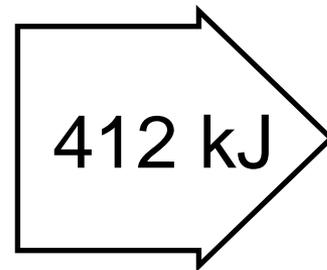
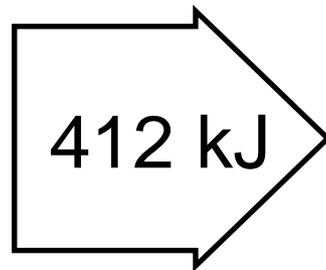
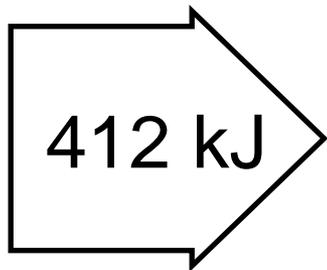
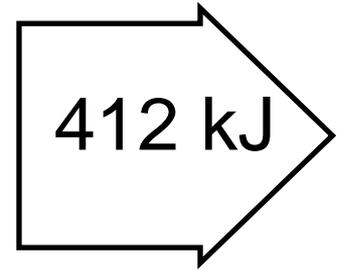
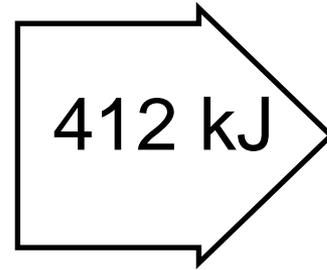
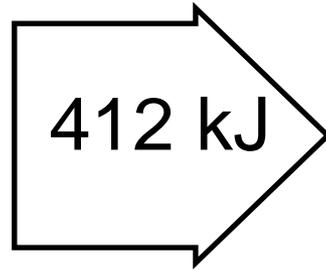
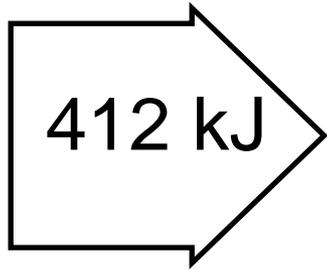
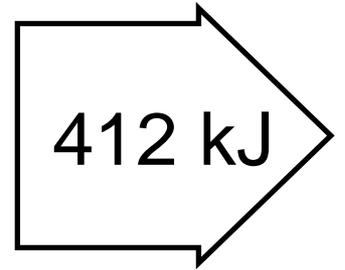
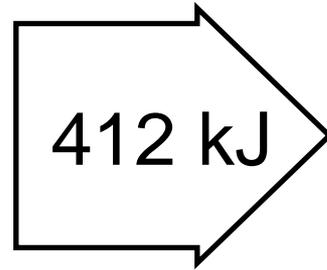
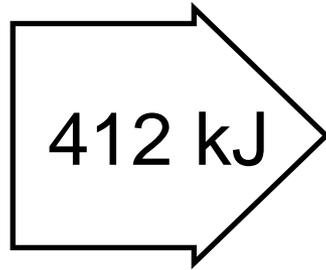
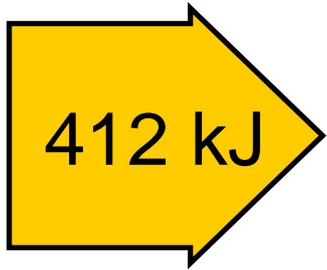
Die alles entscheidende Frage bleibt aber: Woher kommt die **Reaktionsenergie** und wozu brauche ich die **Aktivierungsenergie**?

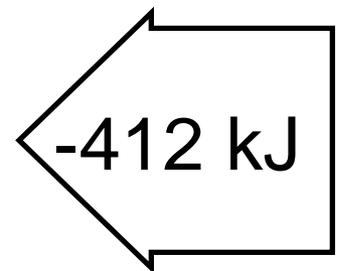
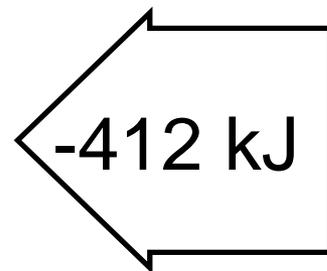
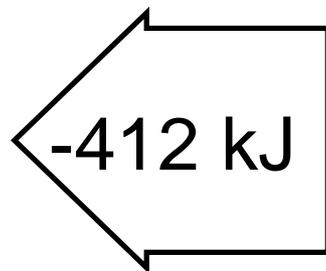
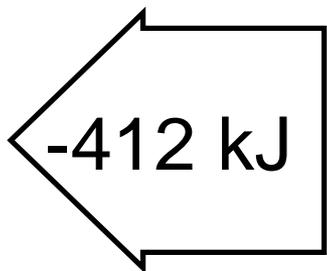
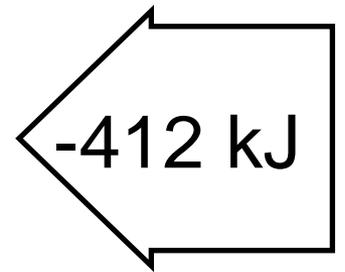
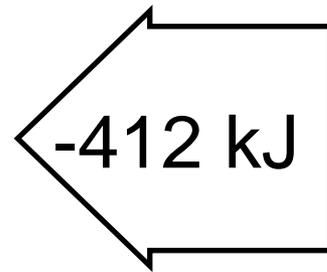
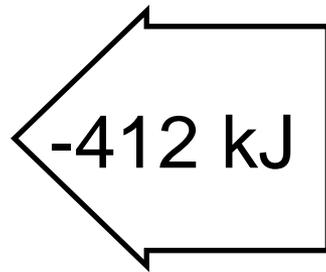
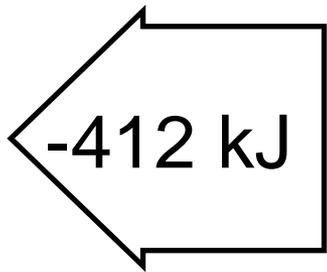
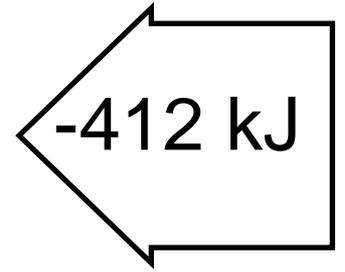
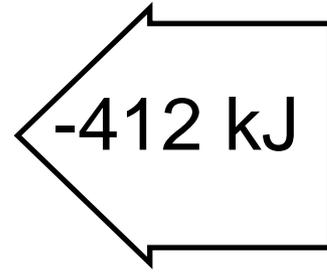
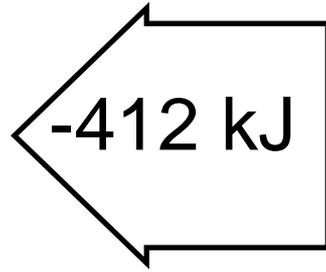
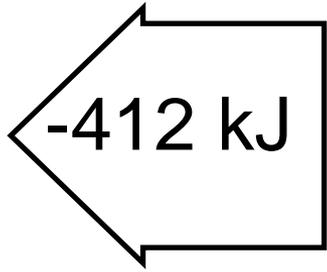
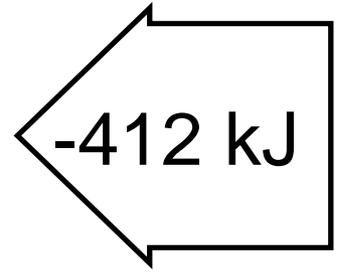
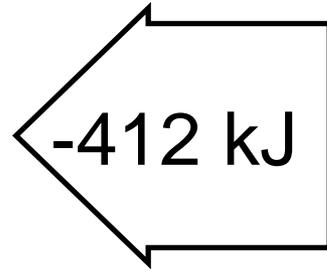
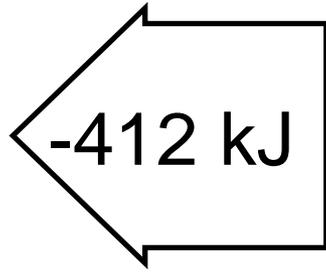
Zur Klärung wird folgendes Vorgehen im Unterrichtsgespräch empfohlen.

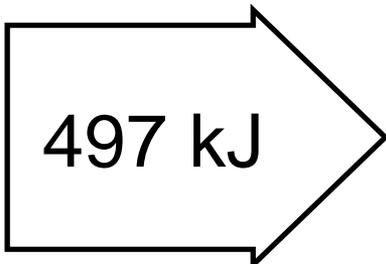
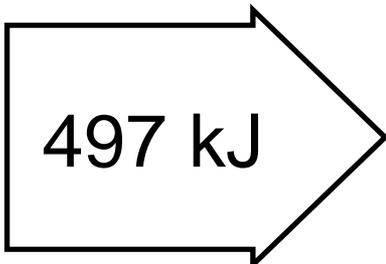
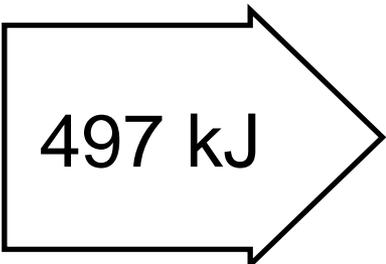
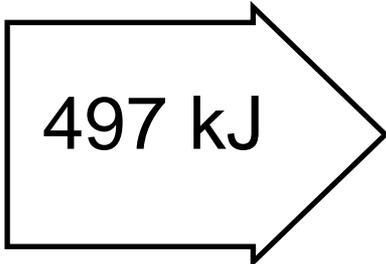
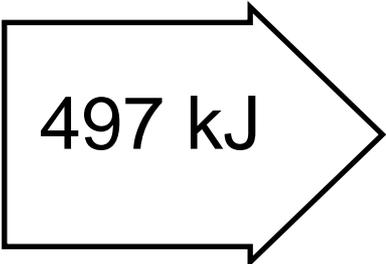
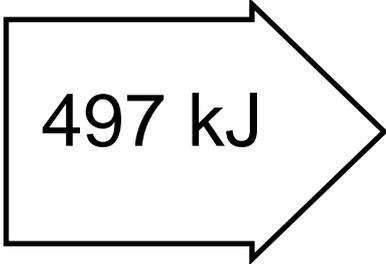
- Die Schülerinnen und Schüler erfahren die Zu- und Abnahme von Energiegehalt auf der Teilchenebene, indem sie Modelle umbauen.
- Die Energie steckt in den Bindungen.
- Zum Trennen der Bindungen muss Energie aus der Umgebung auf die Teilchen einwirken.
- Bei der Bildung von neuen Bindungen wird Energie frei.
- Reaktionsenergie ergibt sich aus der Verrechnung der Energie für das Trennen mit der Energie, die bei der Bildung frei wird.
- Schülerinnen und Schüler tragen die Teilchenmodelle in den entsprechenden Farben in das Diagramm ein.

Wenn man als x-Achse zusätzlich den Reaktionsverlauf oder die Reaktionszeit darstellt, so kommt man zu folgendem Energieverlauf:



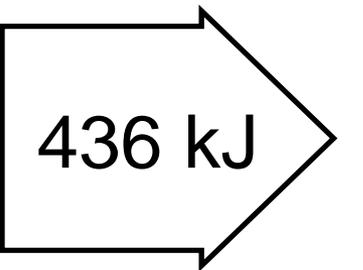
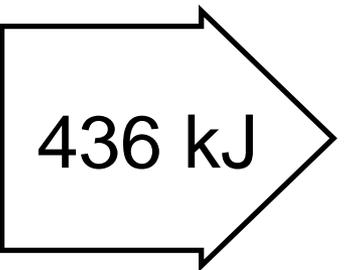
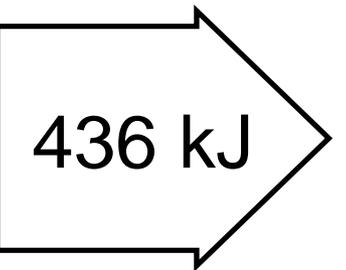
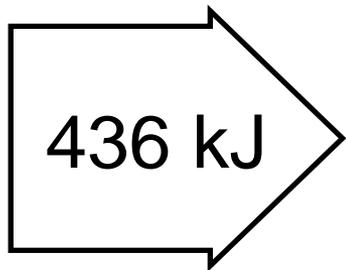
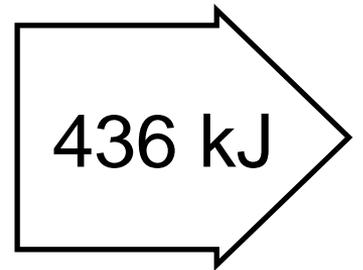
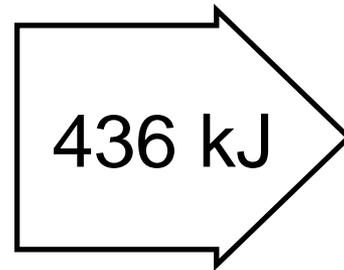
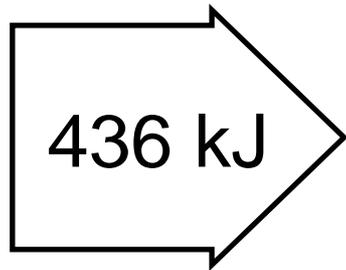
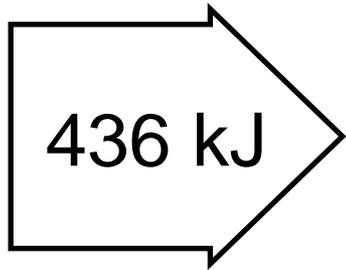
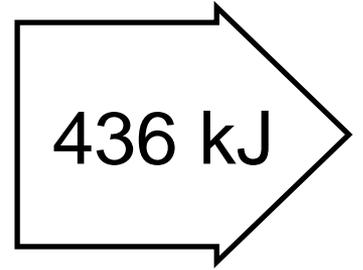
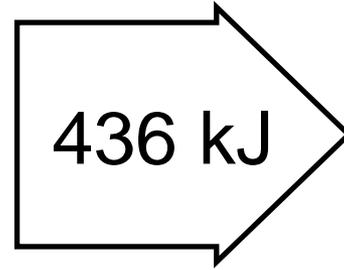
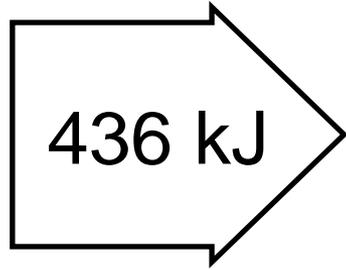
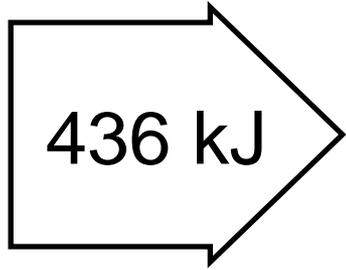
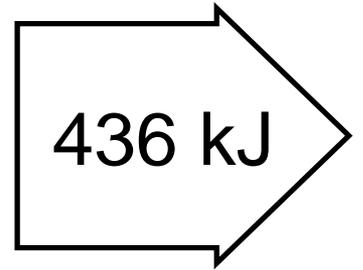
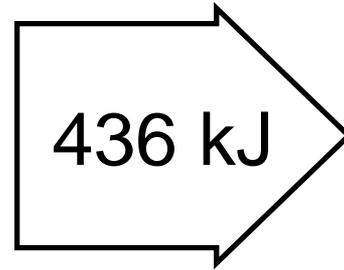
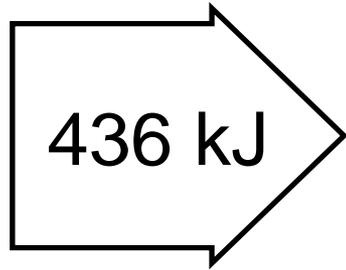
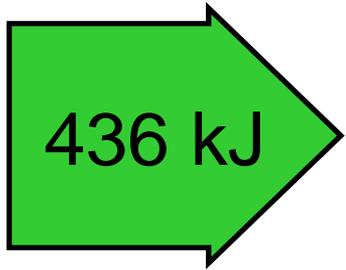


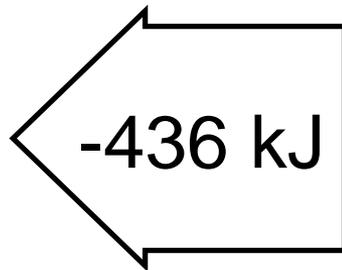
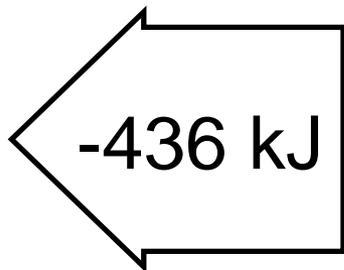
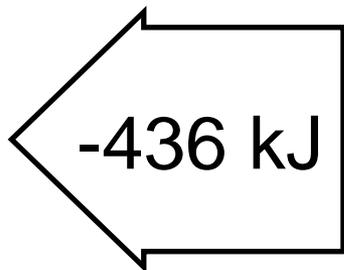
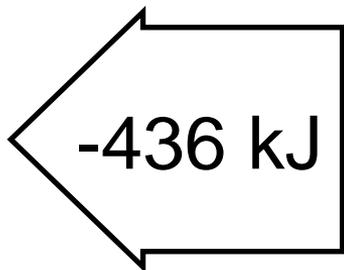
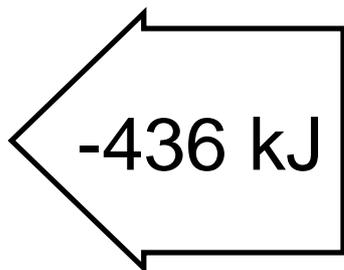
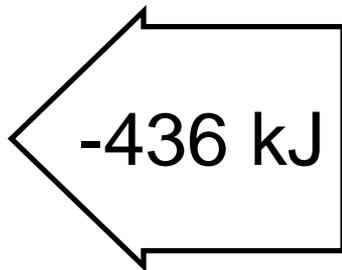
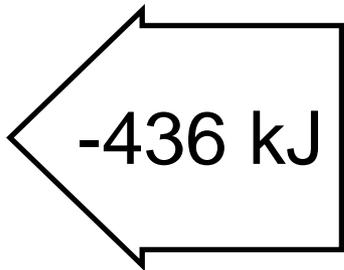




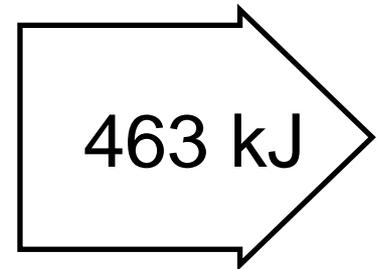
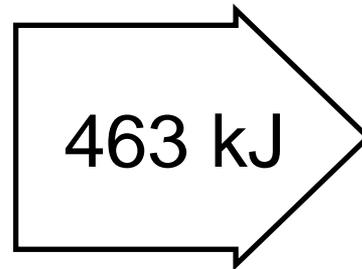
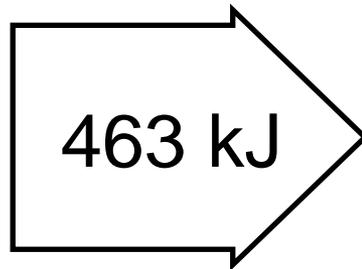
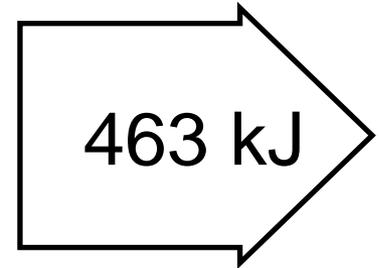
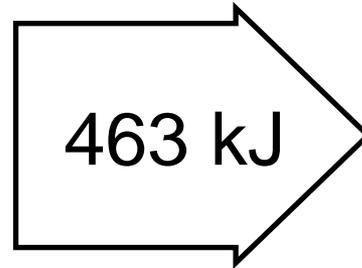
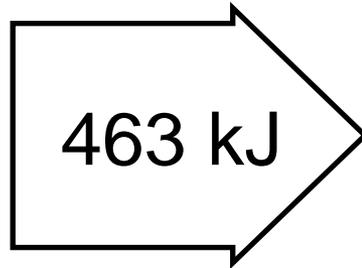
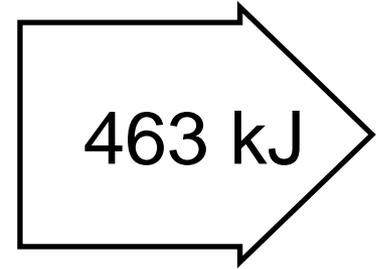
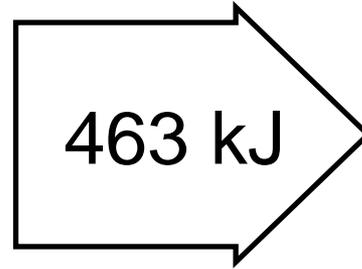
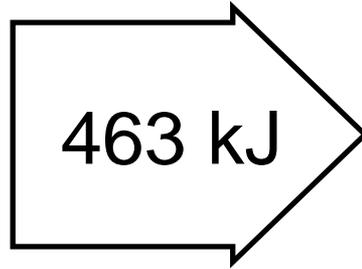
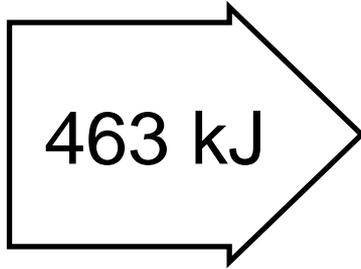
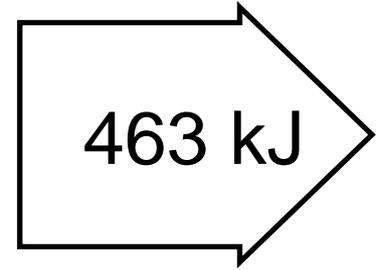
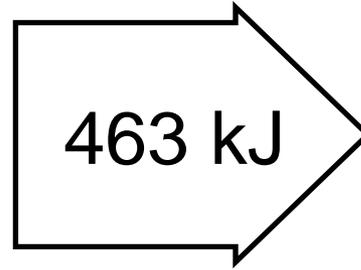
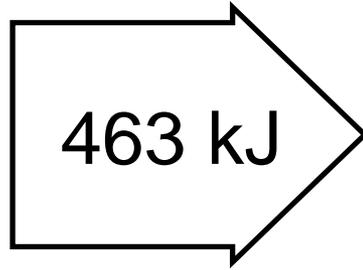
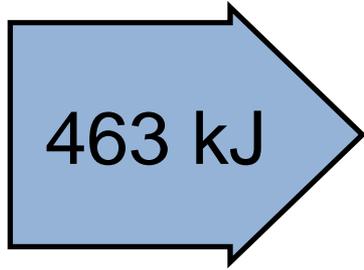
-497 kJ

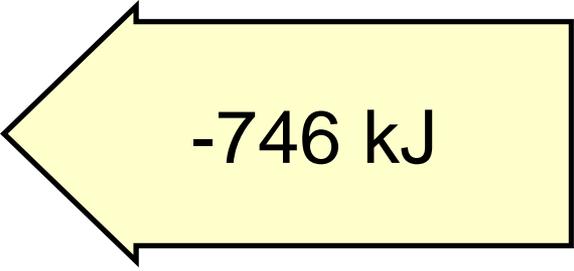
-497 kJ





-463 kJ





-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



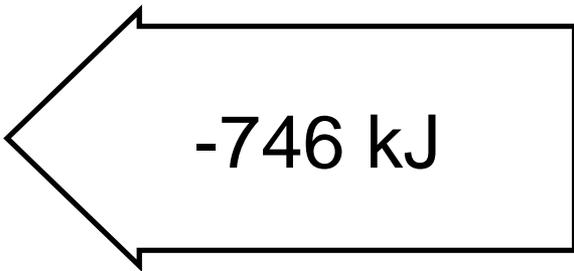
-746 kJ



-746 kJ



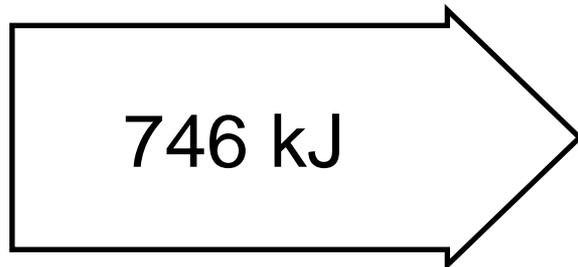
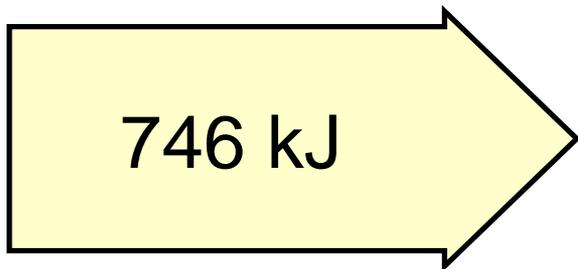
-746 kJ



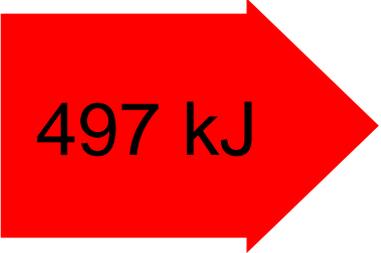
-746 kJ



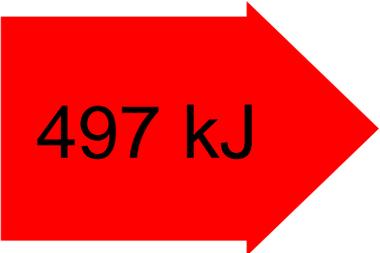
-746 kJ







497 kJ



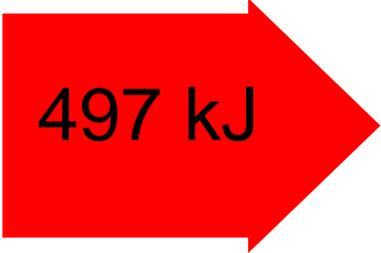
497 kJ



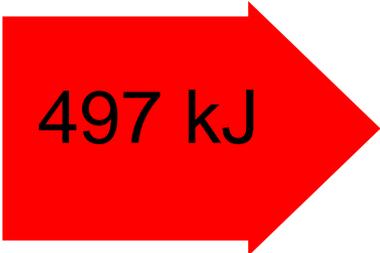
497 kJ



497 kJ



497 kJ



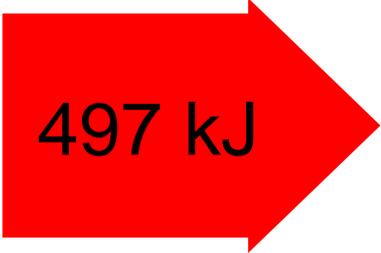
497 kJ



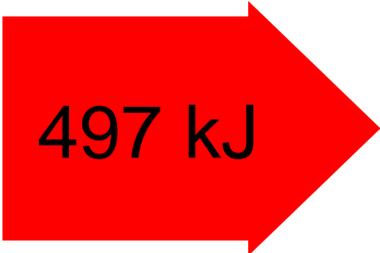
497 kJ



497 kJ



497 kJ



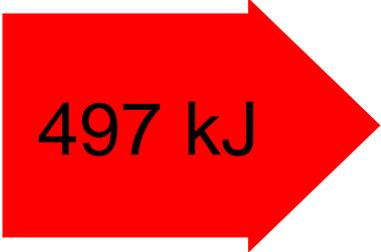
497 kJ



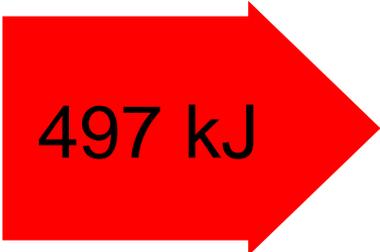
497 kJ



497 kJ



497 kJ



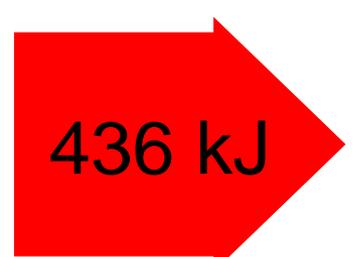
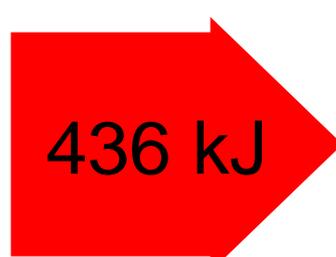
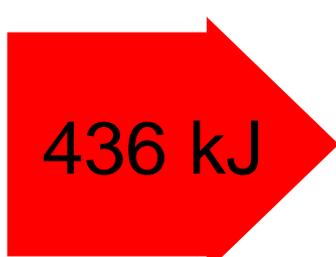
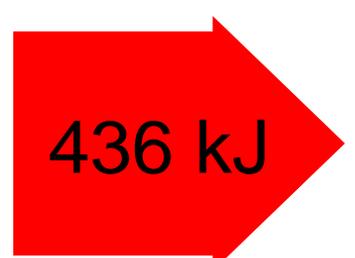
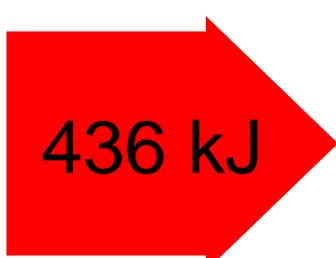
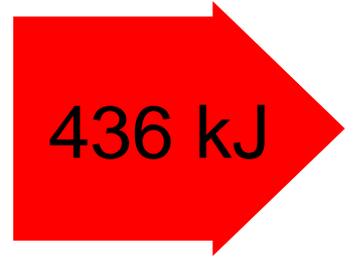
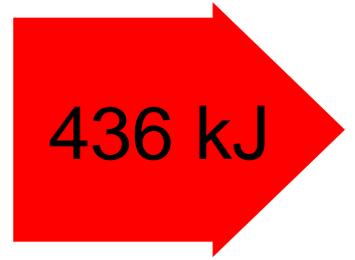
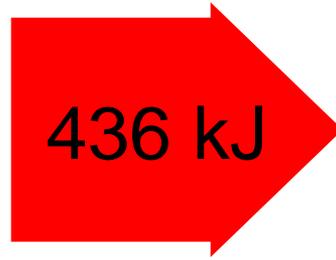
497 kJ



497 kJ



497 kJ



-463 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



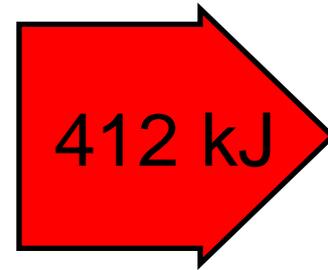
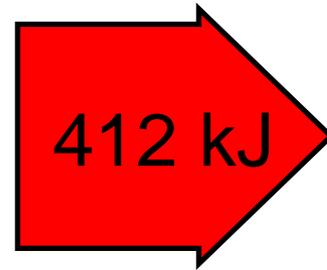
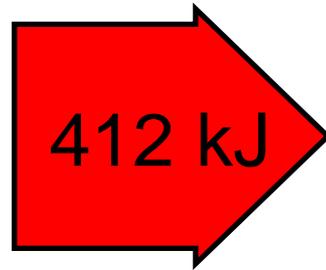
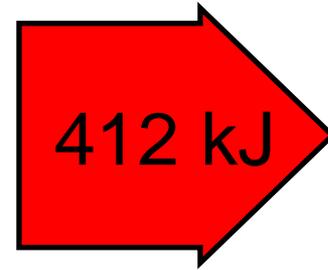
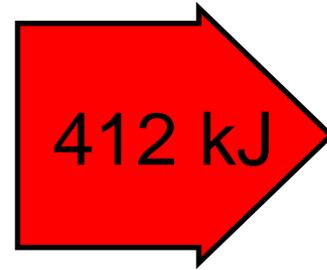
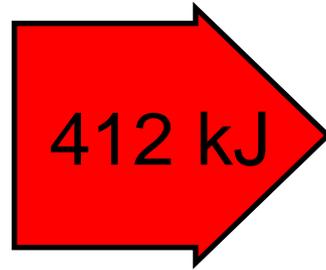
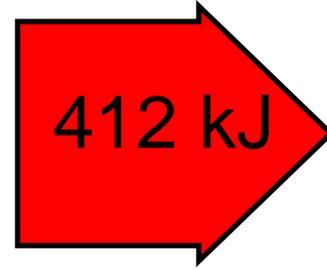
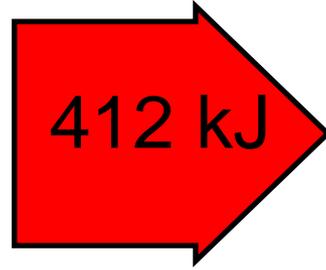
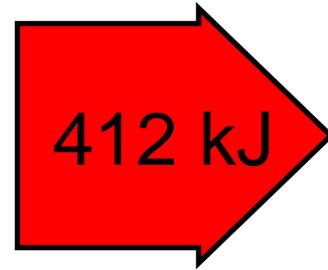
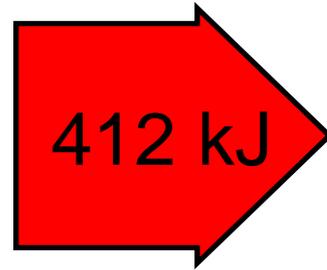
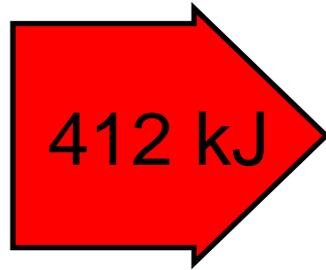
-746 kJ

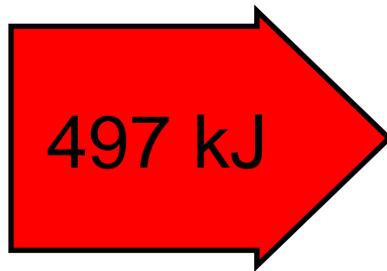
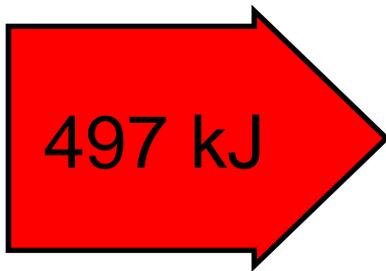
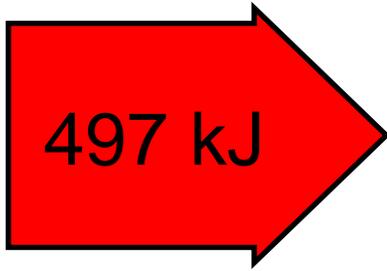
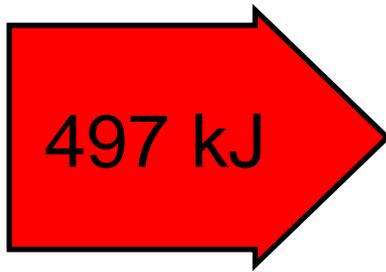
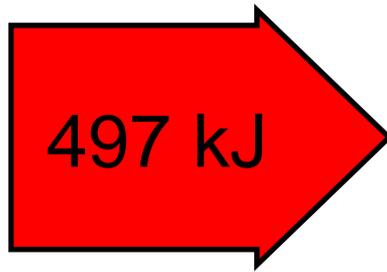
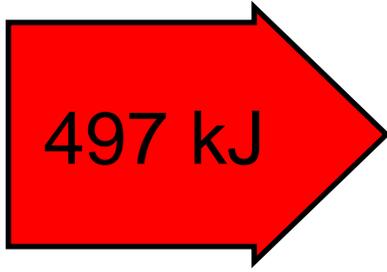
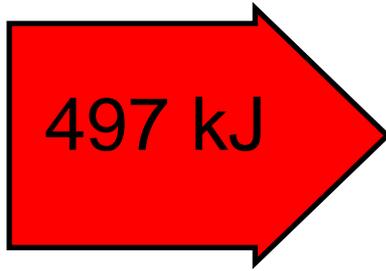
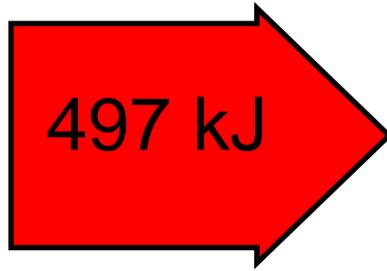
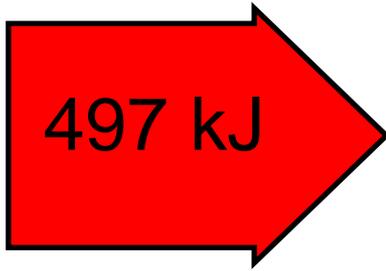
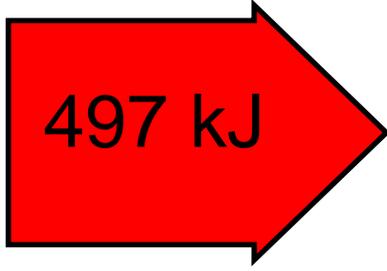
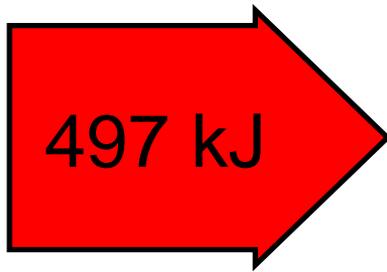
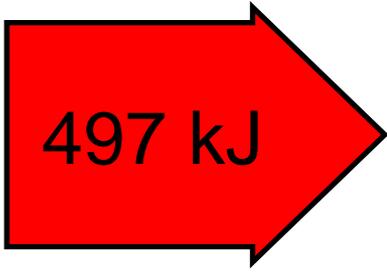


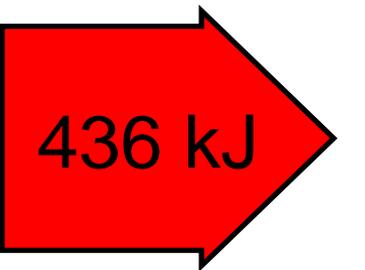
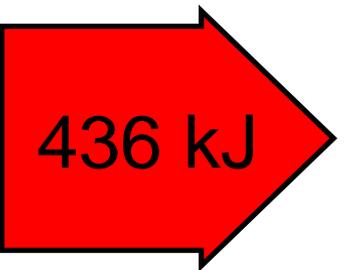
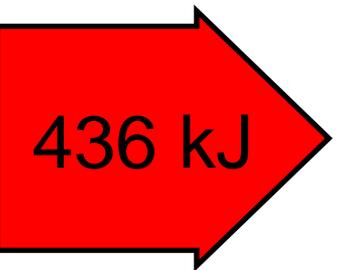
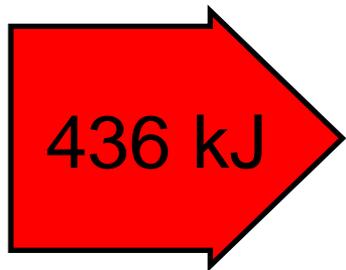
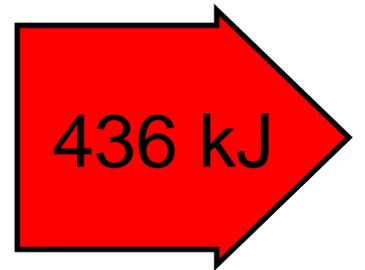
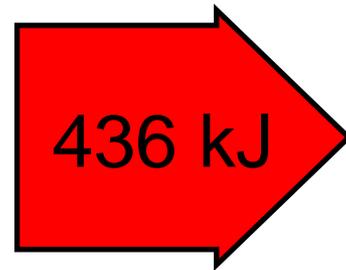
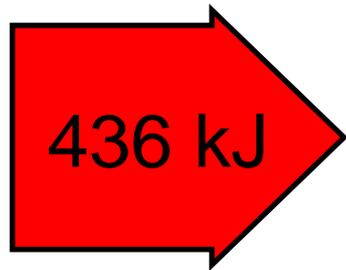
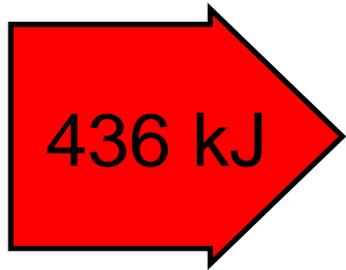
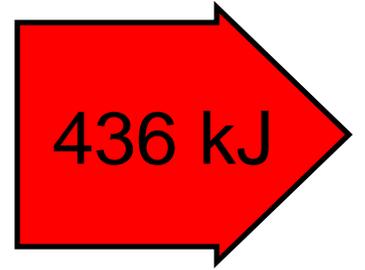
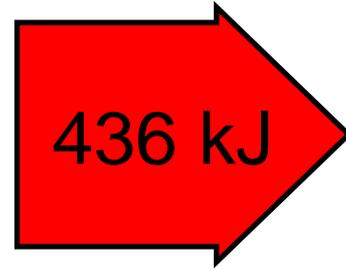
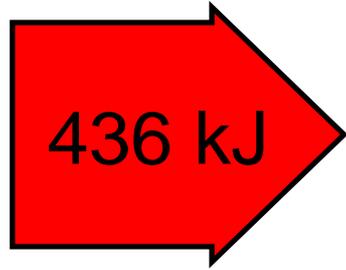
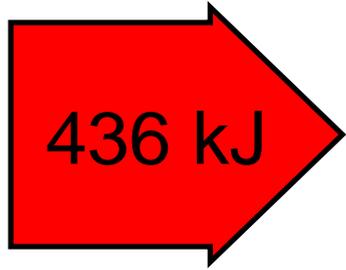
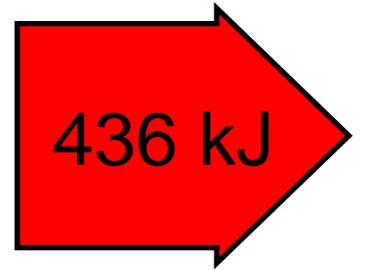
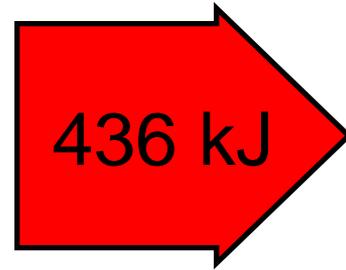
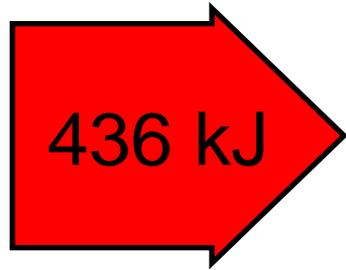
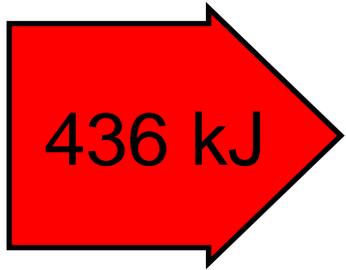
-746 kJ



-746 kJ







-463 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



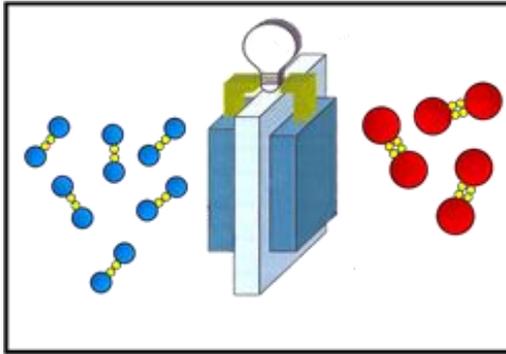
-746 kJ

Die Funktionsweise einer Brennstoffzelle

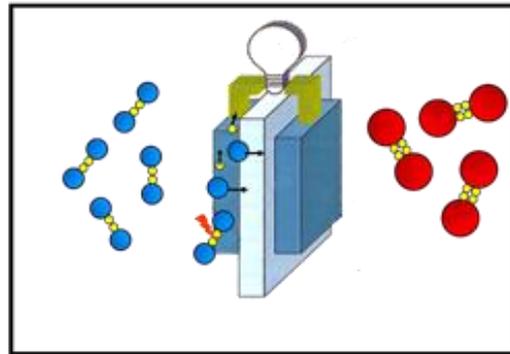
Die folgenden Abbildungen sollen dir helfen, die Vorgänge zu verstehen, die in der Brennstoffzelle ablaufen.

Arbeitsauftrag:

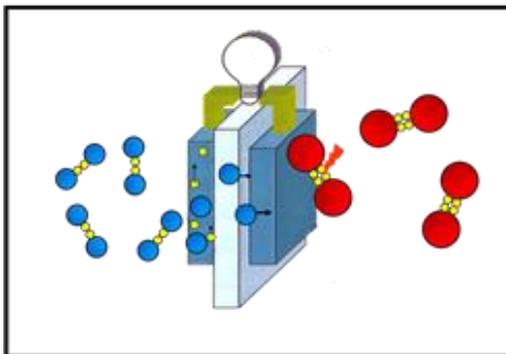
Beschreibe jeweils die dargestellten Vorgänge in der Brennstoffzelle.



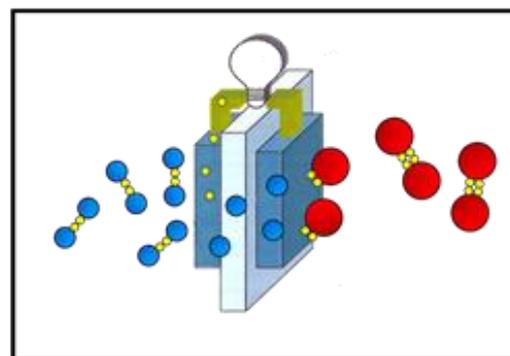
1.



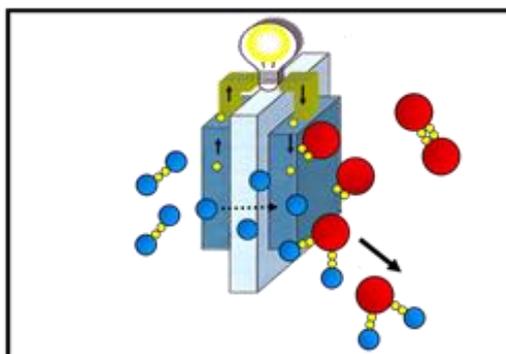
2.



3.



4.



5.

Elektronenpaarbindung - Darstellung von Molekülen mit dem Kugelwolkenmodell

Lückentext:

Reagieren zwei Nichtmetalle miteinander, entstehen so genannte _____

_____, die aus elektrisch ungeladenen Teilchen, den Molekülen, aufgebaut sind.

_____ sind Gruppen von Atomen, in denen jeweils zwei Atome über eine Elektronenpaarbindung (EPB) miteinander verbunden sind.

In der Vorstellung des Kugelwolkenmodells entsteht eine _____, wenn zwei einfach besetzte Kugelwolken (je eine von einem Atom) überlappen und sich eine _____ zwischen den beiden Atomrümpfen der beiden beteiligten Atome ausbildet.

Diese Bindungskugelwolke ist dann mit _____ Elektronen besetzt; diese beiden Elektronen bezeichnet man zusammen als _____.

Die beiden Elektronen des bindenden Elektronenpaares befinden sich nun im _____ beider Atomkerne, wodurch sie die Atome zusammenhalten/verbinde.

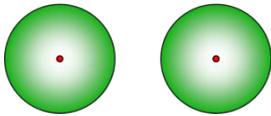
Da die beiden Elektronen nun von den zwei Atomen _____ werden, gehören sie zu beiden Atomen, wodurch beide Atome die _____ erreichen.

Fachbegriffe:

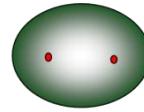
Anziehungsbereich; Elektronenpaarbindung; zwei; molekulare Verbindungen; gemeinsam genutzt; Moleküle; Bindungskugelwolke; bindendes Elektronenpaar; Edelgaskonfiguration

Beispiele:

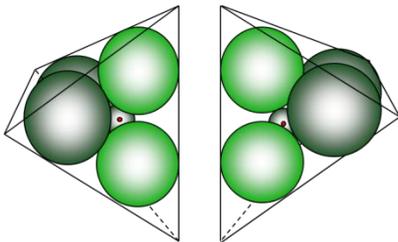
Wasserstoff-Atome



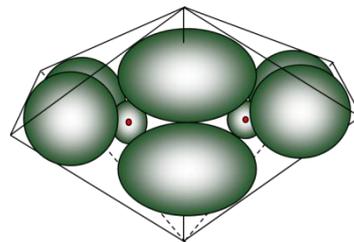
Wasserstoff-Molekül H₂



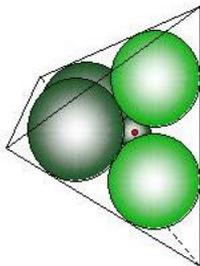
Sauerstoff-Atome



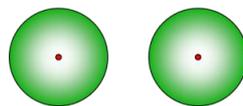
Sauerstoff-Molekül O₂



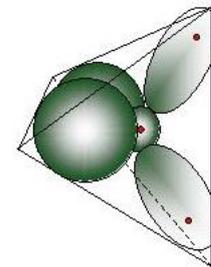
Sauerstoff-Atom



Wasserstoff-Atome



Wasser-Molekül

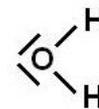


+

2*

•H

→



Lösung:

Elektronenpaarbindung - Darstellung von Molekülen mit dem Kugelwolkenmodell

Reagieren zwei Nichtmetalle miteinander, entstehen so genannte **molekulare Verbindungen**, die aus Molekülen aufgebaut sind.

Moleküle sind Gruppen von Atomen, in denen die Atome über Elektronenpaarbindungen (EPB) miteinander verknüpft sind.

In der Vorstellung des Kugelwolkenmodells entsteht eine **Elektronenpaarbindung**, wenn zwei einfach besetzte Kugelwolken (je eine von einem Atom) überlappen und sich eine **Bindungskugelwolke** zwischen den beiden Atomrümpfen der beiden beteiligten Atome ausbildet.

Diese Bindungskugelwolke ist dann mit **zwei** Elektronen besetzt; diese beiden Elektronen bezeichnet man zusammen als **bindendes Elektronenpaar**.

Die beiden Elektronen des bindenden Elektronenpaars befinden sich nun im **Anziehungsreich** beider Atomkerne, wodurch sie die Atome zusammenhalten/verbinden.

Da die beiden Elektronen nun von den zwei Atomen **gemeinsam genutzt** werden, gehören sie zu beiden Atomen, wodurch beide Atome die **Edelgaskonfiguration** erreichen können.

Von der Ionen- zur ElektronenPaarbindung

Die Ausgangslage

Reagieren **Metalle** (Elemente der _____ Seite des PSE) und **Nichtmetalle** (Elemente der _____ Seite des PSE) miteinander, so kommt es durch **Elektronenübertragungsreaktionen** (vom _____ zum _____) zur Ausbildung eines _____ (Betrachtung auf der **STOFFEBENE**) bzw. eines _____ (Betrachtung auf der **TEILCHENEbene**).



Das Problem

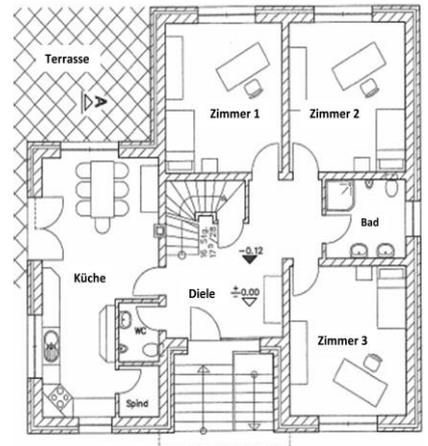
Schildere anhand des Comics das Problem, das sich ergibt, wenn zwei oder mehr **Nichtmetallatome** eine Verbindung bilden sollen.

Wie erreichen nun **beide gleichzeitig** die Elektronenkonfiguration eines Edelgases?

Die Lösung

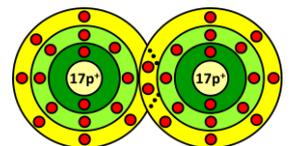
Die Lösung dieses Konfliktes ist einfach und lässt sich am Beispiel der **Wohngemeinschaft** von Studenten, einer WG, anschaulich verdeutlichen:

- Jeder Mitbewohner hat ein eigenes Zimmer mit eigenem Schreibtisch, eigenem Bett, eigenem Schrank, eigenem Bücherregal ... Diese Sachen gehören **keinem anderen**.
- Dann gibt es in der „WG“ aber auch noch **gemeinschaftlich genutzte** Räume: die Küche, die Diele und das Bad.
- Einer der Bewohner hat einen schönen Esstisch für die Küche mitgebracht, ein anderer die Waschmaschine im Bad, einer das große Schuhregal in der Diele, wieder ein anderer eine Mikrowelle ...



Aufgaben:

1. Worin besteht die Lösung für die beiden Chloratome im Besonderen sowie für andere Nichtmetall-Nichtmetall-Verbindungen im Allgemeinen? Übertrage die einzelnen Elemente aus der „WG-Analogie“ auf die Chloratome und stelle sie einander in einer Tabelle gegenüber.
2. Recherchiere die physikalischen Eigenschaften von Chlor (Aggregatzustand bei Zimmertemperatur, Siedetemperatur ... → **STOFFEBENE**) und vergleiche mit denen von Kochsalz (Natriumchlorid). Wage einen Erklärungsversuch (→ **TEILCHENEbene**).
3. Zeichne folgende Moleküle in der Schalendarstellung: Sauerstoff (O₂), Stickstoff (N₂), Wasser (H₂O) und Ammoniak (NH₃).

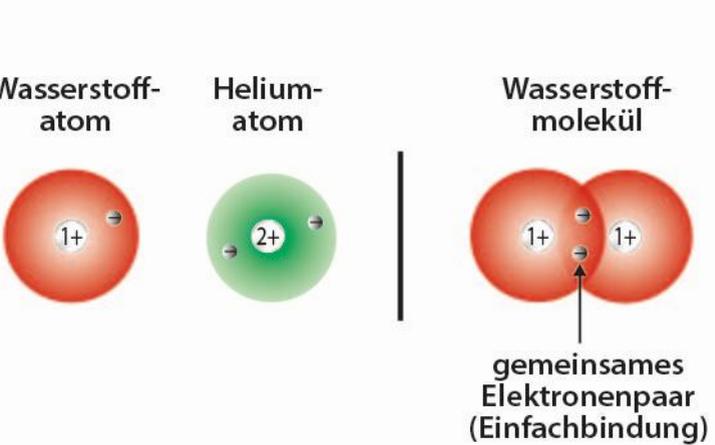


Schalendarstellung Chlormolekül (Cl₂)

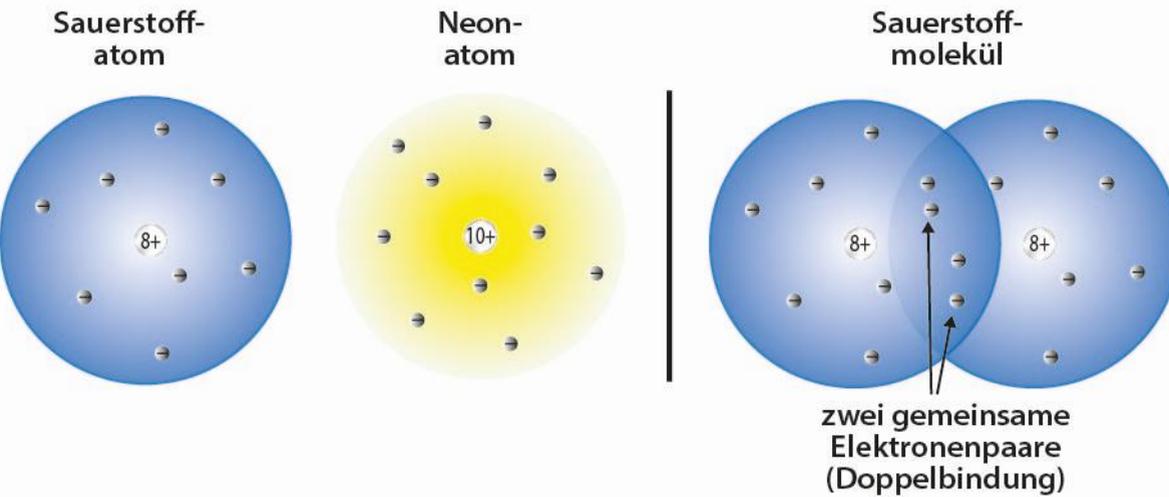
Darstellung der Elektronenpaarbindung im Kern-Hülle Modell am Beispiel der Synthese des Wassers

„Jedes Element ist bestrebt bei einer chemischen Reaktion die gleiche Anzahl an Elektronen zu erlangen, wie das nächst gelegene Edelgas.“

Bildung eines H₂ Moleküls

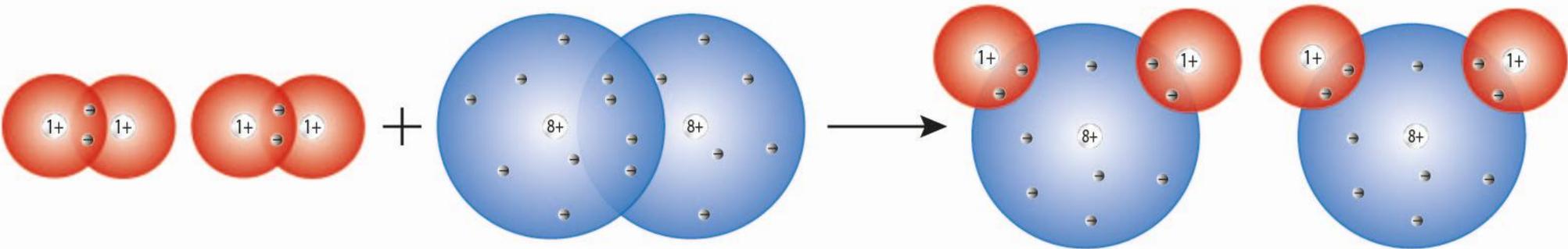


Bildung eines O₂ Moleküls

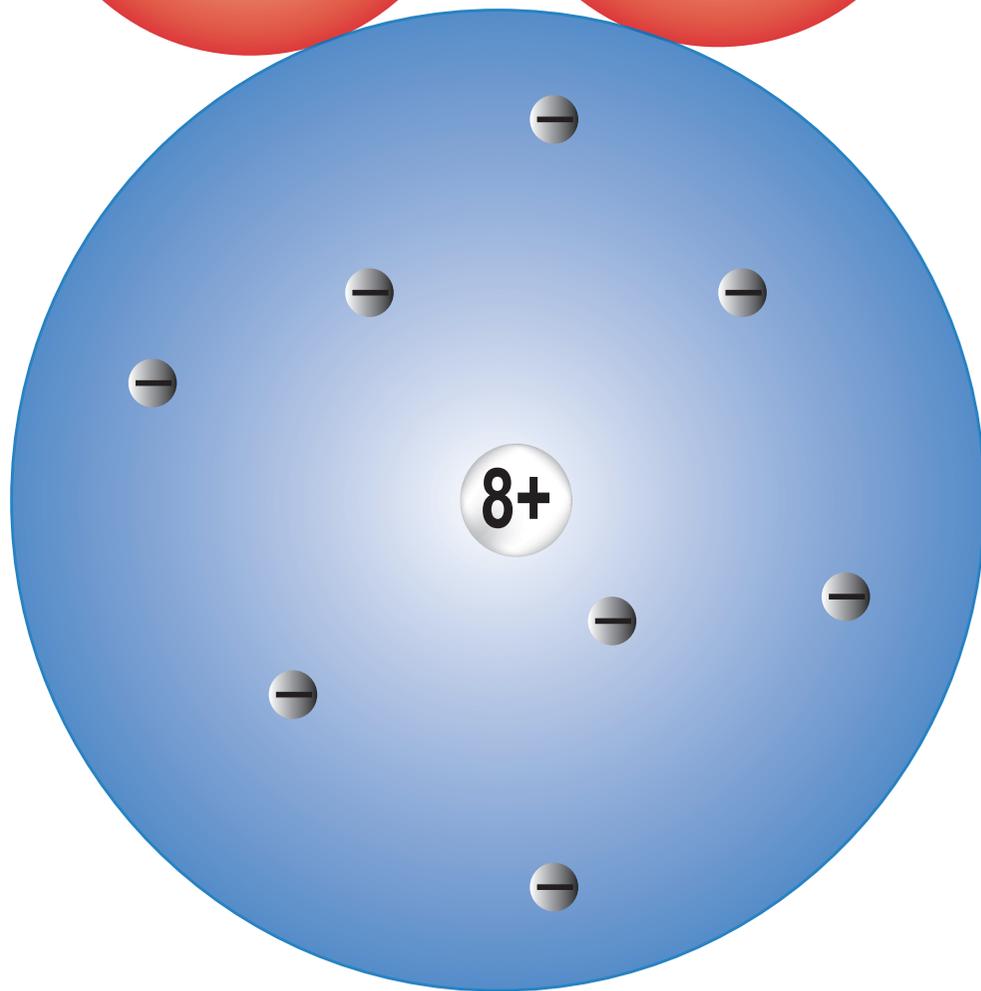
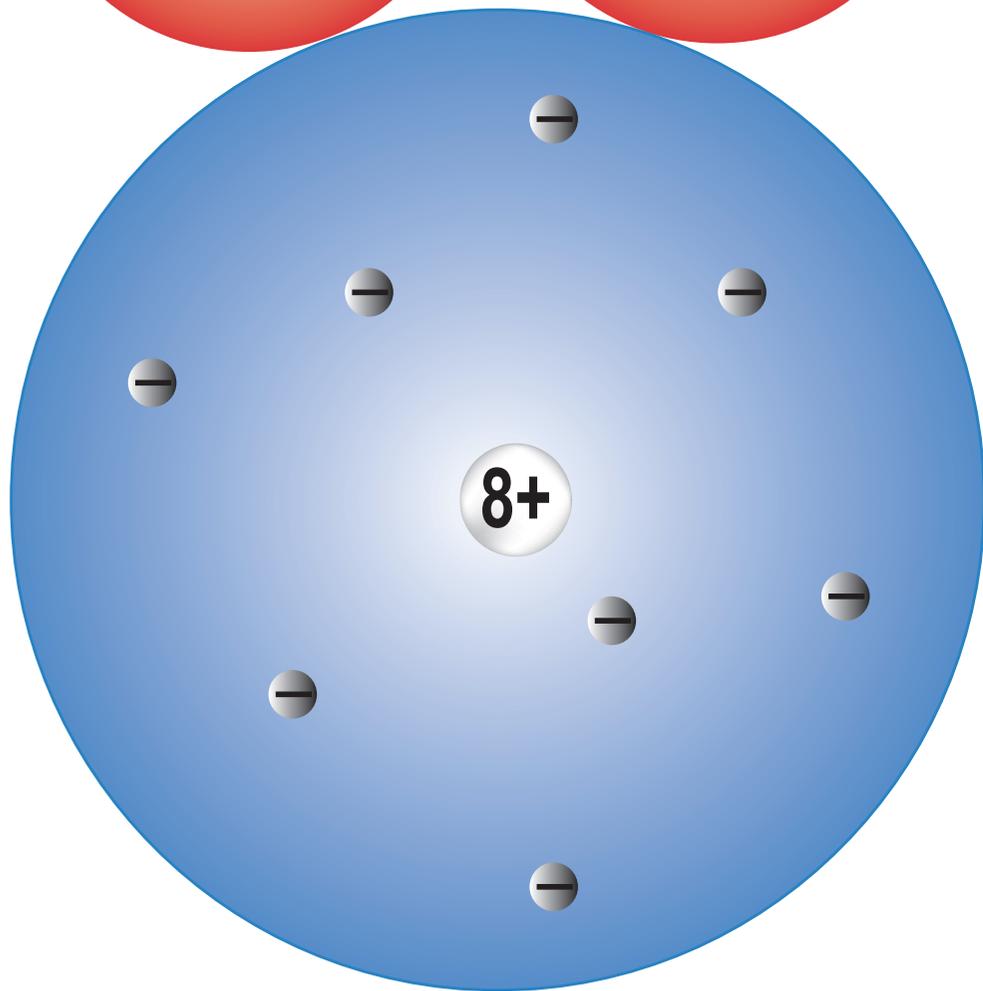
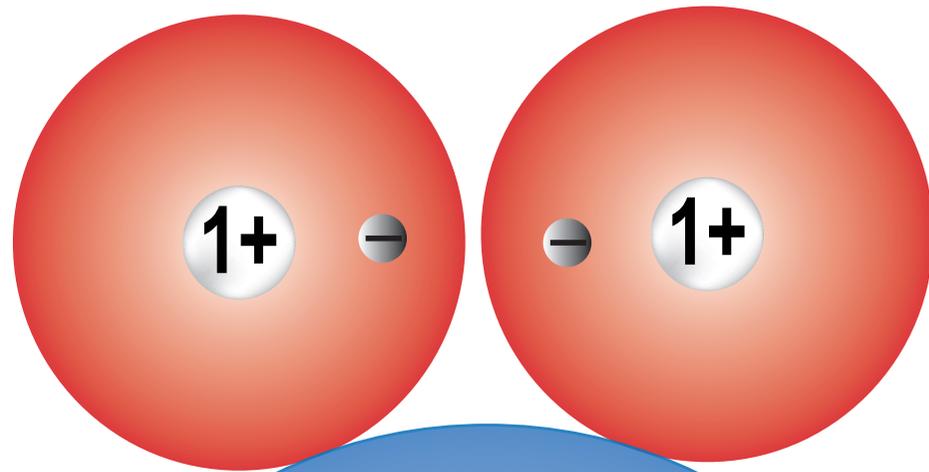
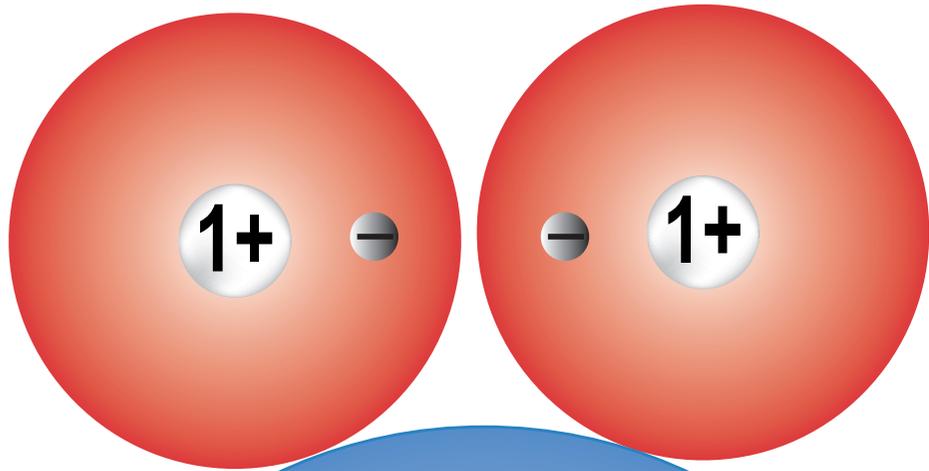


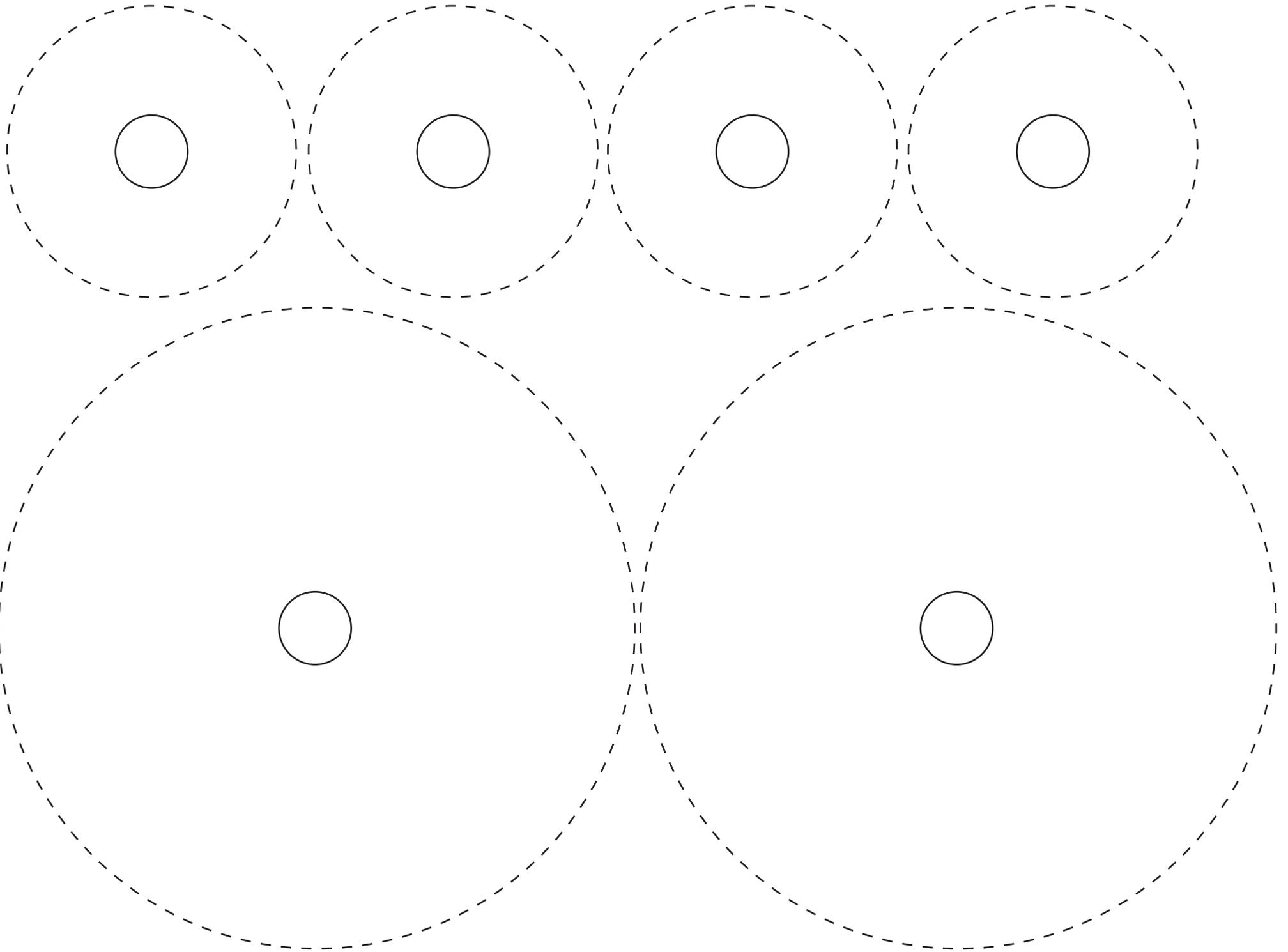
Die Atome erreichen die gleiche Anzahl an Elektronen wie das nächst gelegene Edelgas (Edelgaskonfiguration), indem sie sich Elektronen teilen. Dies erreichen sie durch die Durchdringung ihrer Elektronenhüllen. Auf diese Weise entstehen gemeinsame Elektronenpaare. Die Verbindung, die auf diese Weise zwischen den Atomen entsteht nennt man Elektronenpaarbindung. Aus einzelnen Atomen werden Moleküle. Moleküle bestehen aus Verbindungen von zwei oder mehr Atomen.

„Bei einer chemischen Reaktion ist die Masse der Ausgangsstoffe (Edukte) gleich der Masse der Reaktionsprodukte.“



Vorteil: Die SuS können selbst Dreifachbindungen konstruieren. **Nachteil:** Die SuS können keine räumliche Struktur ableiten.

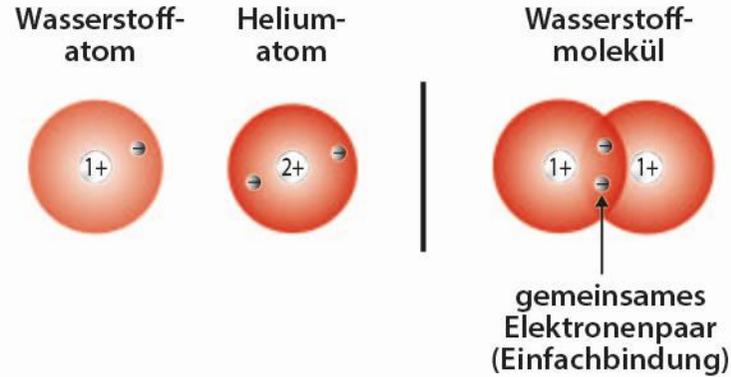




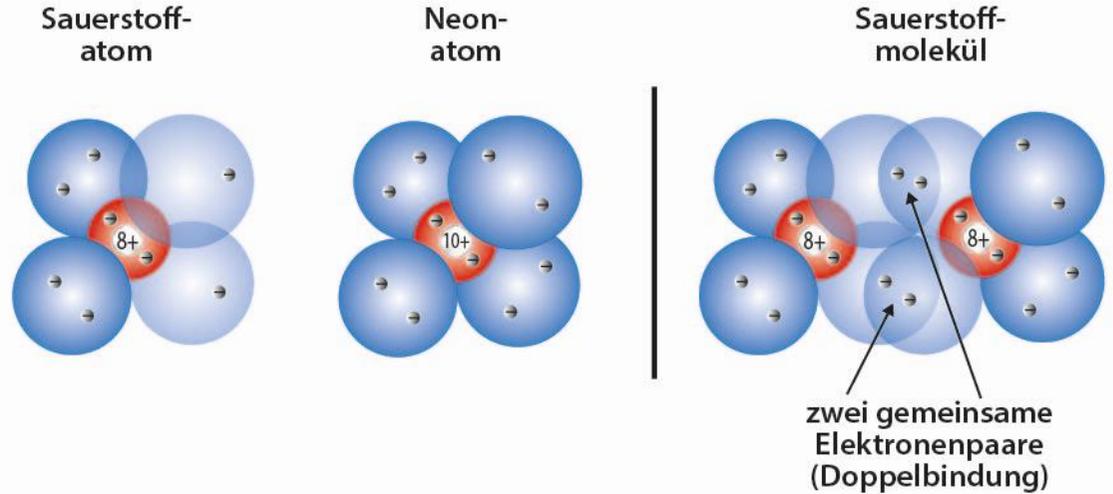
Darstellung der Elektronenpaarbindung im Kugelwolken-Modell am Beispiel der Synthese des Wassers

„Jedes Element ist bestrebt bei einer chemischen Reaktion die äußeren Kugelwolken voll zu besetzen.“

Bildung eines H₂ Moleküls

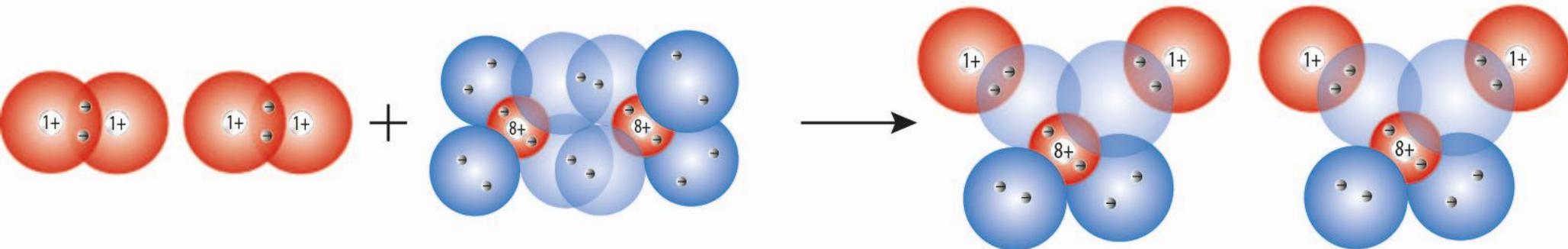


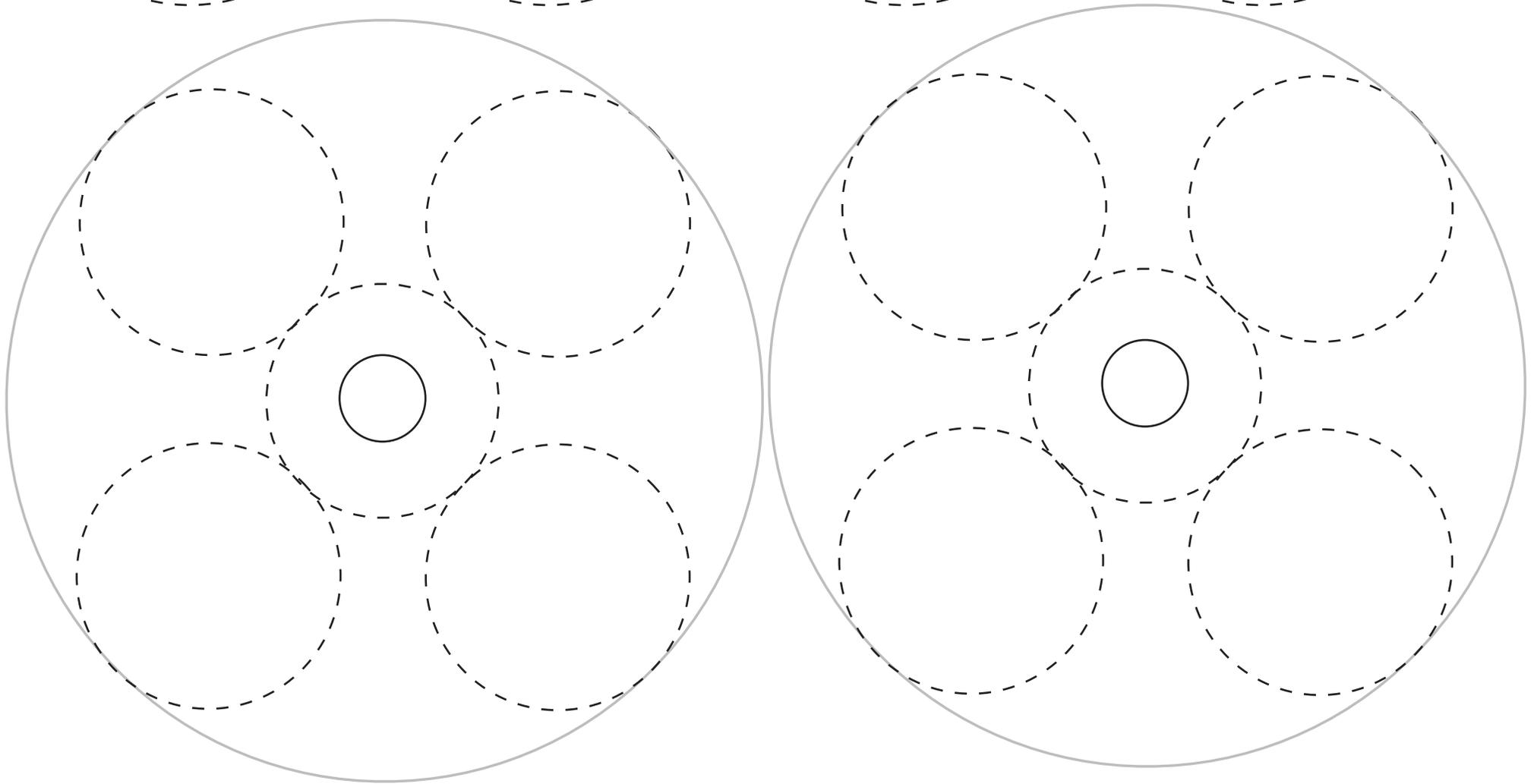
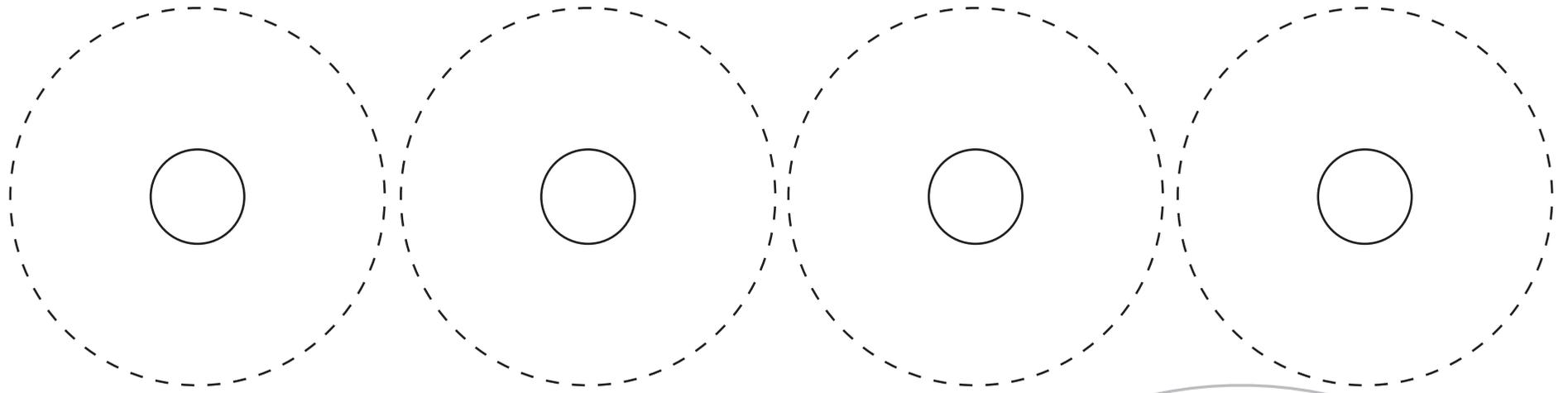
Bildung eines O₂ Moleküls

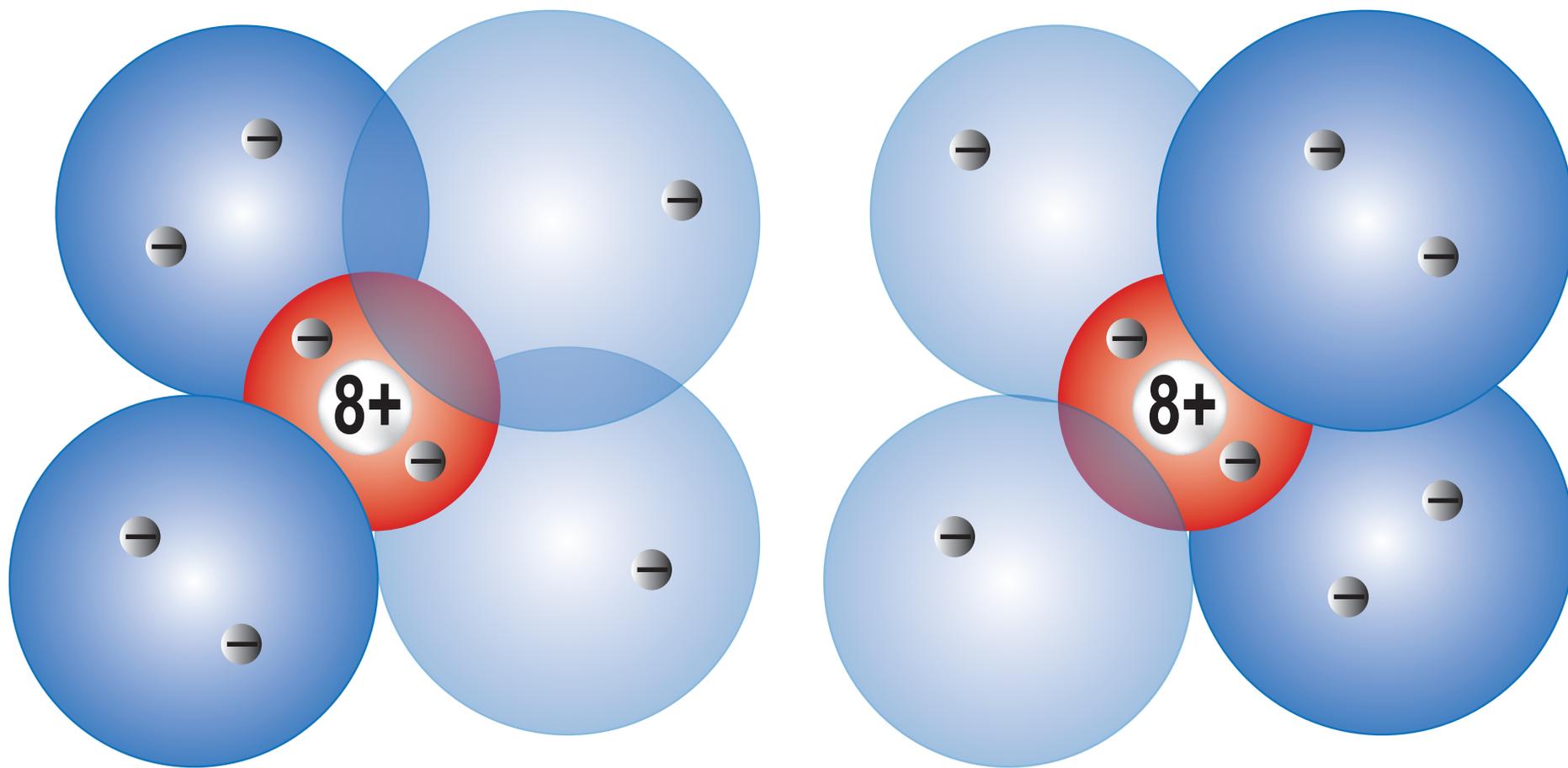
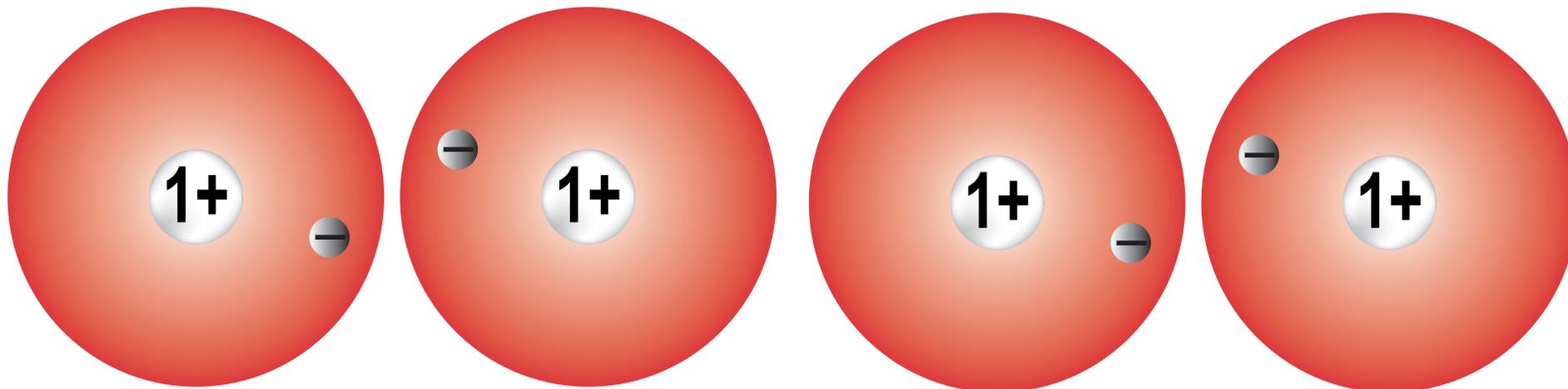


Die Atome erreichen voll besetzte Kugelwolken (Oktettregel/Edelgaskonfiguration) in der äußeren Schicht, indem sie sich Elektronen teilen. Dies erreichen sie durch die Durchdringung ihrer kugelförmigen Elektronenwolken. Auf diese Weise bilden sich gemeinsame Elektronenpaare. Die Verbindung, die so zwischen den Atomen entsteht, nennt man Elektronenpaarbindung. Aus einzelnen Atomen werden dadurch Moleküle. Moleküle bestehen daher aus Verbindungen von zwei oder mehr Atomen.

„Bei einer chemischen Reaktion ist die Masse der Ausgangsstoffe (Edukte) gleich der Masse der Reaktionsprodukte.“



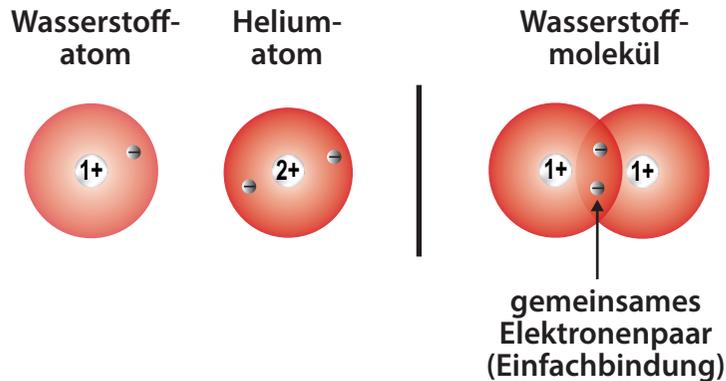




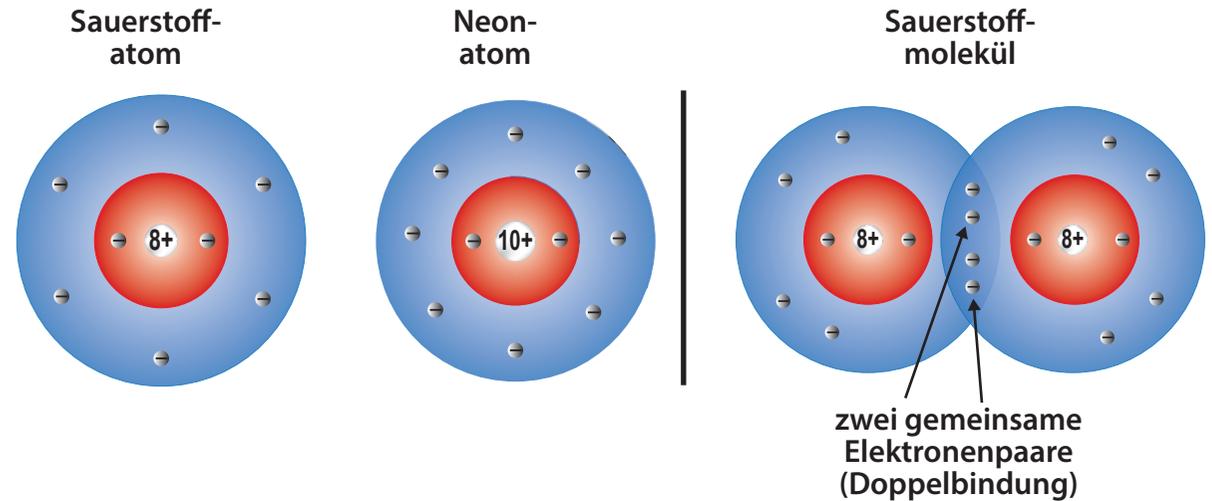
Darstellung der Elektronenpaarbindung im Schalen-Modell am Beispiel der Synthese des Wassers

„Jedes Element ist bestrebt bei einer chemischen Reaktion die äußere Schale mit 8 Elektronen (Oktettregel) voll zu besetzen.“

Bildung eines H₂ Moleküls

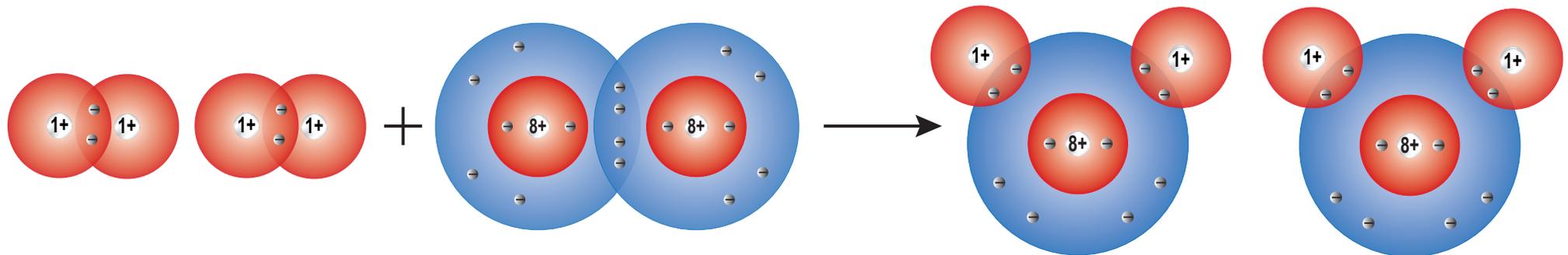


Bildung eines O₂ Moleküls



Die Atome erreichen 8 Elektronen in der Außenschale (Edelgaskonfiguration/Oktettregel), indem sie sich Elektronen teilen. Dies erreichen sie durch die Durchdringung ihrer Elektronenhüllen. Auf diese Weise entstehen gemeinsame Elektronenpaare. Die Verbindung, die auf diese Weise zwischen den Atomen entsteht nennt man Elektronenpaarbindung. Aus einzelnen Atomen werden Moleküle. Moleküle bestehen aus Verbindungen von zwei oder mehr Atomen.

„Bei einer chemischen Reaktion ist die Masse der Ausgangsstoffe (Edukte) gleich der Masse der Reaktionsprodukte.“



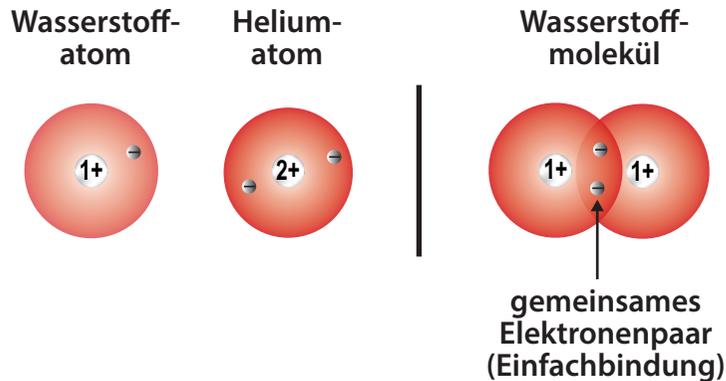
Vorteil: Die Strukturierung der Atomhülle ermöglicht die Herleitung der Oktettregel.

Nachteil: Direkt benachbarte Elektronen können nicht begründet werden. Die SuS können selbst keine räumliche Struktur ableiten.

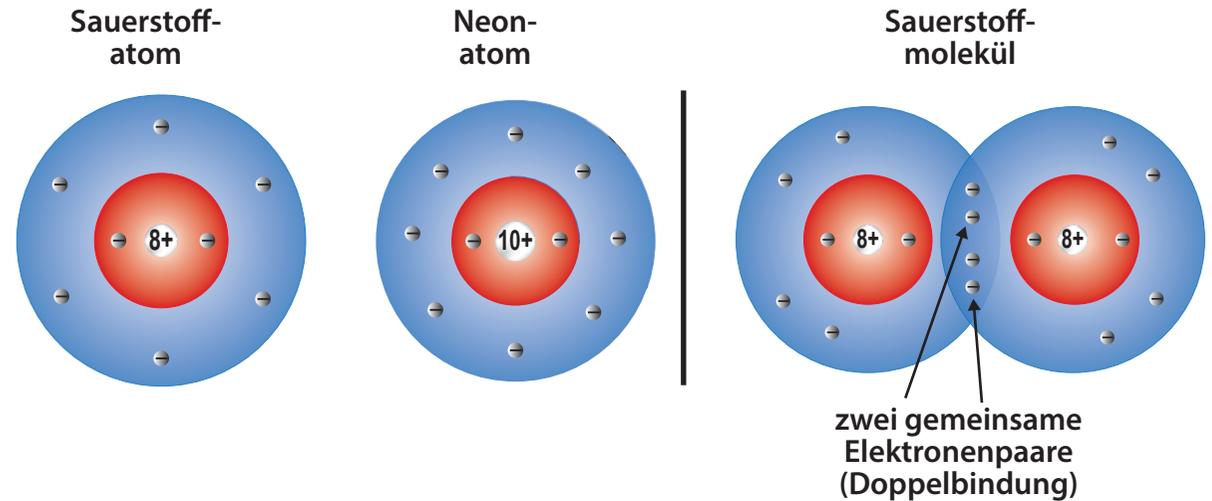
Darstellung der Elektronenpaarbindung im Schalen-Modell am Beispiel der Synthese des Wassers

„Jedes Element ist bestrebt bei einer chemischen Reaktion die äußere Schale mit 8 Elektronen (Oktettregel) voll zu besetzen.“

Bildung eines H₂ Moleküls

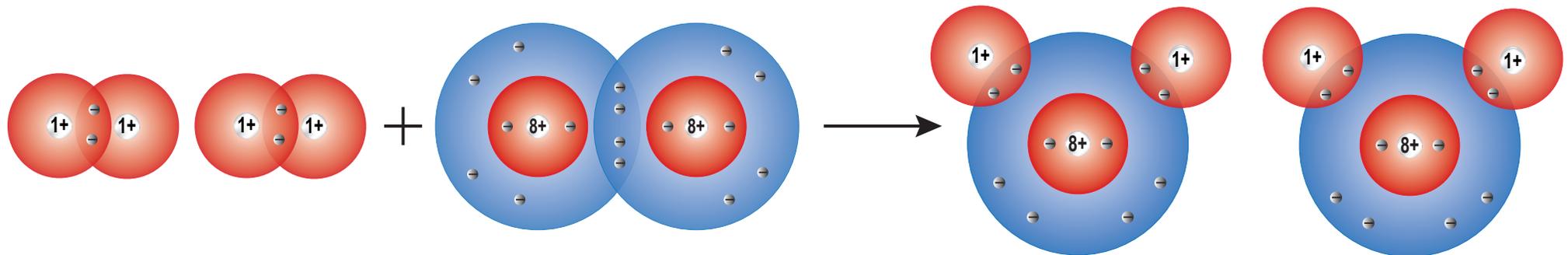


Bildung eines O₂ Moleküls



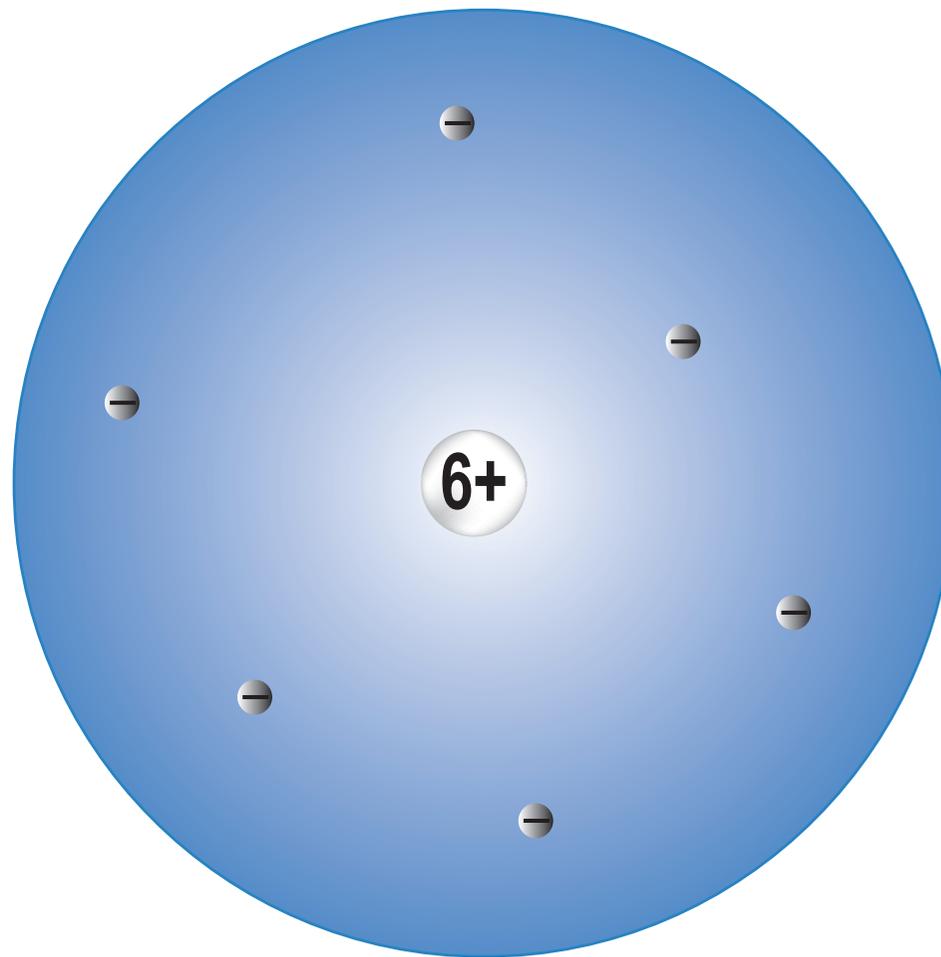
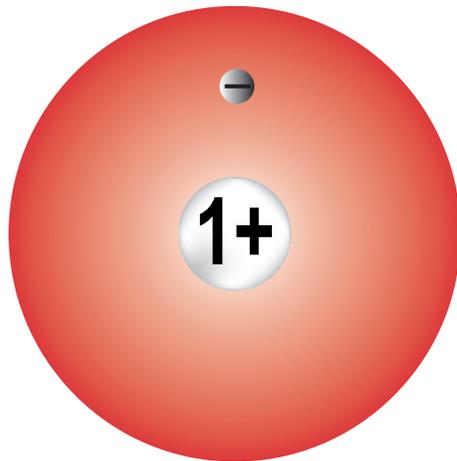
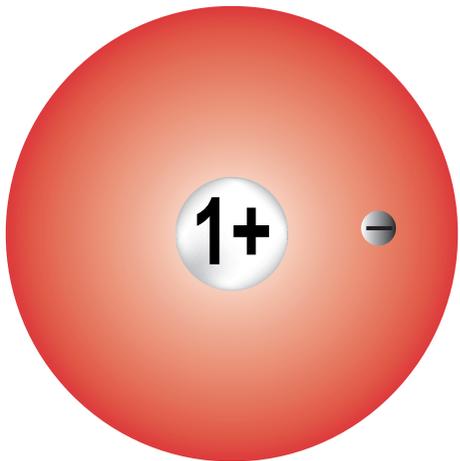
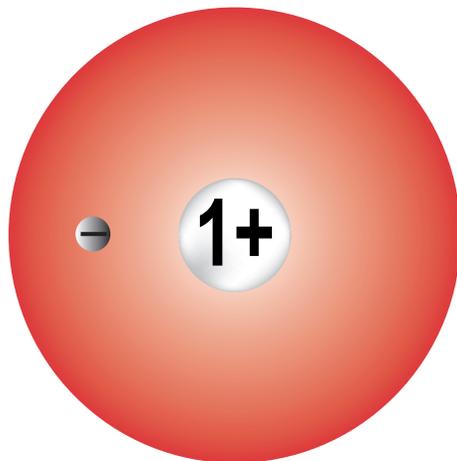
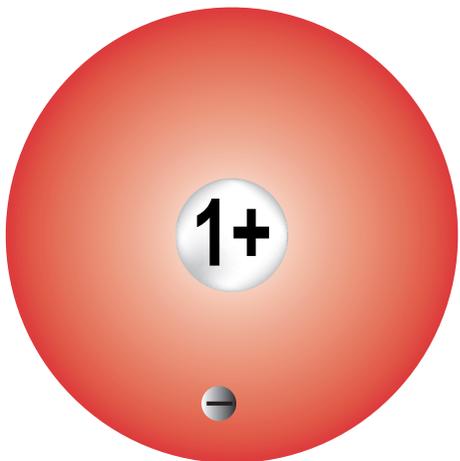
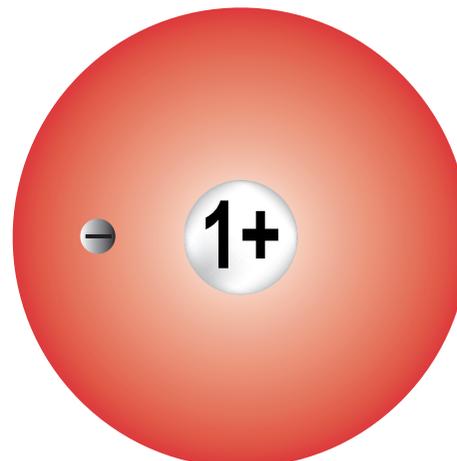
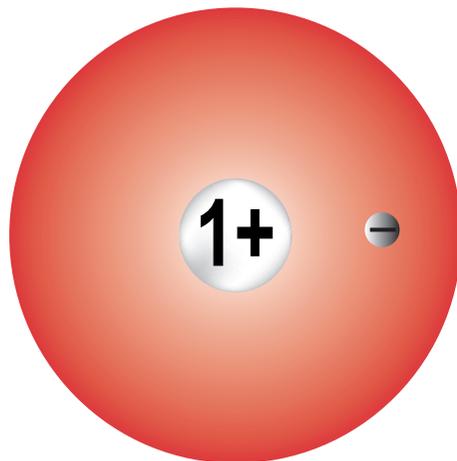
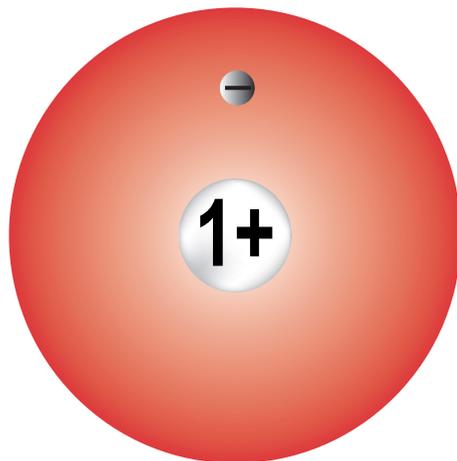
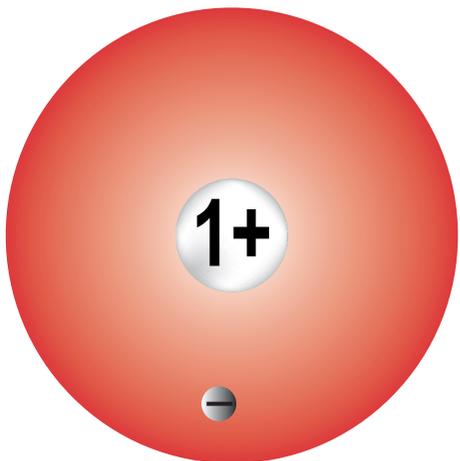
Die Atome erreichen 8 Elektronen in der Außenschale (Edelgaskonfiguration/Oktettregel), indem sie sich Elektronen teilen. Dies erreichen sie durch die Durchdringung ihrer Elektronenhüllen. Auf diese Weise entstehen gemeinsame Elektronenpaare. Die Verbindung, die auf diese Weise zwischen den Atomen entsteht nennt man Elektronenpaarbindung. Aus einzelnen Atomen werden Moleküle. Moleküle bestehen aus Verbindungen von zwei oder mehr Atomen.

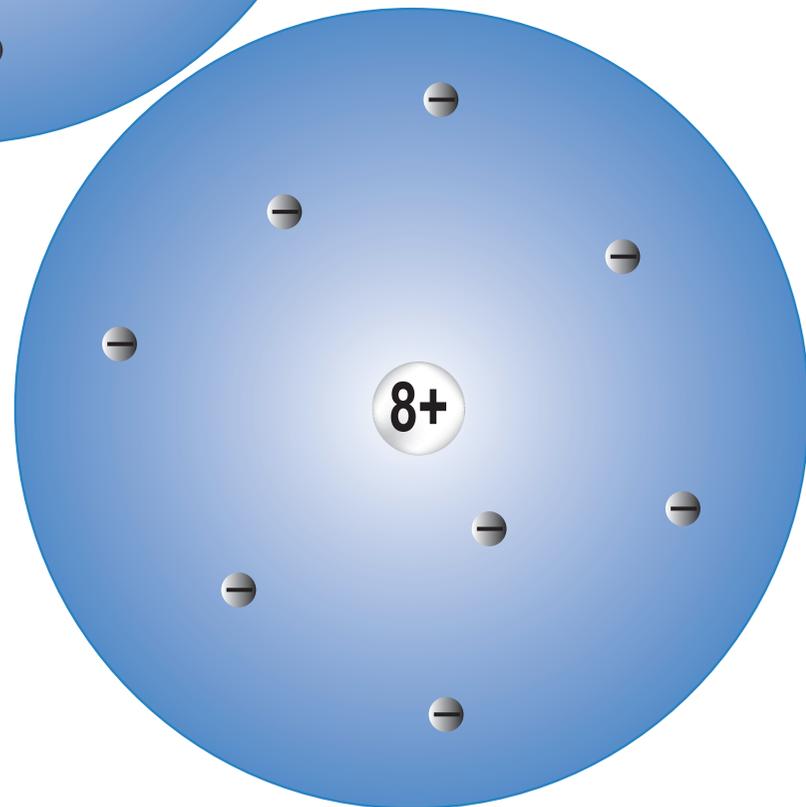
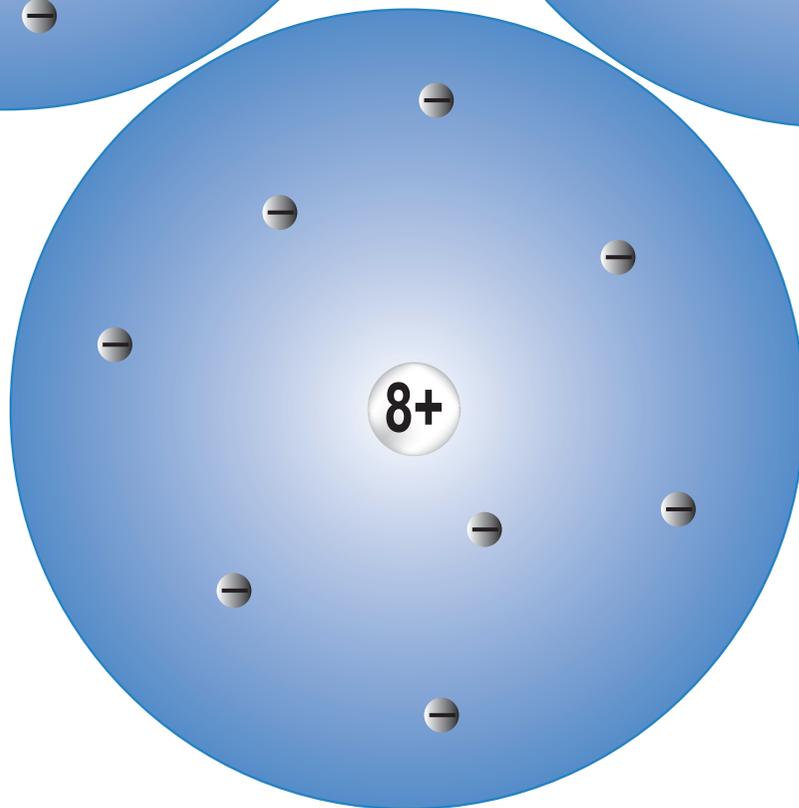
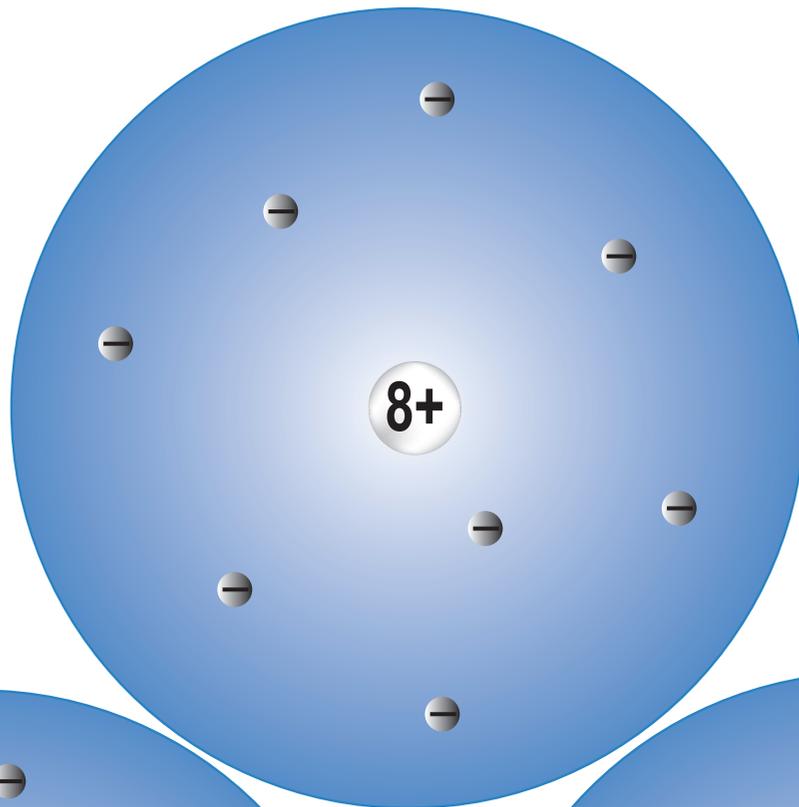
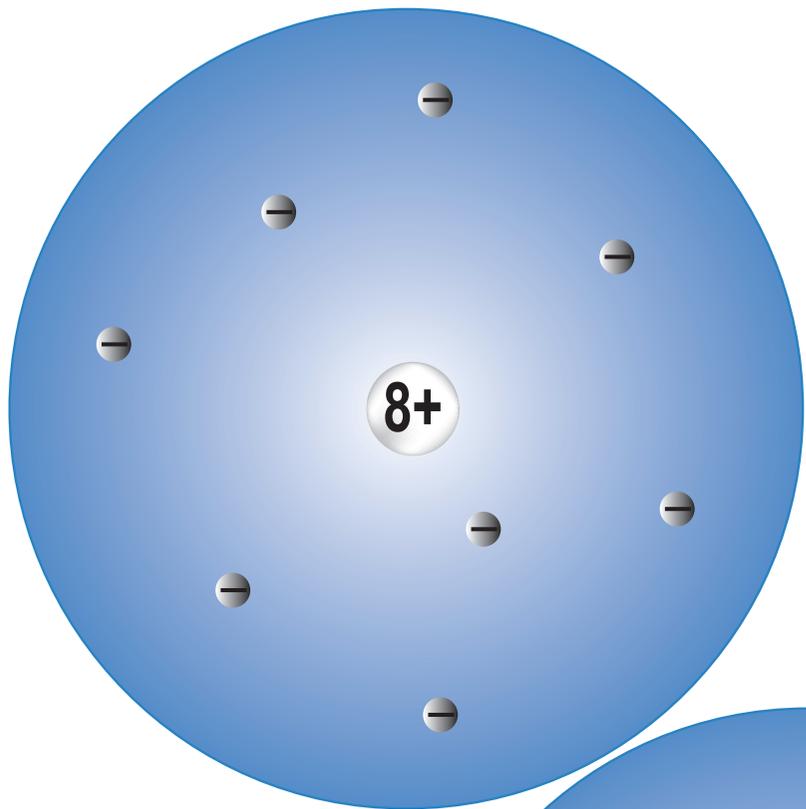
„Bei einer chemischen Reaktion ist die Masse der Ausgangsstoffe (Edukte) gleich der Masse der Reaktionsprodukte.“

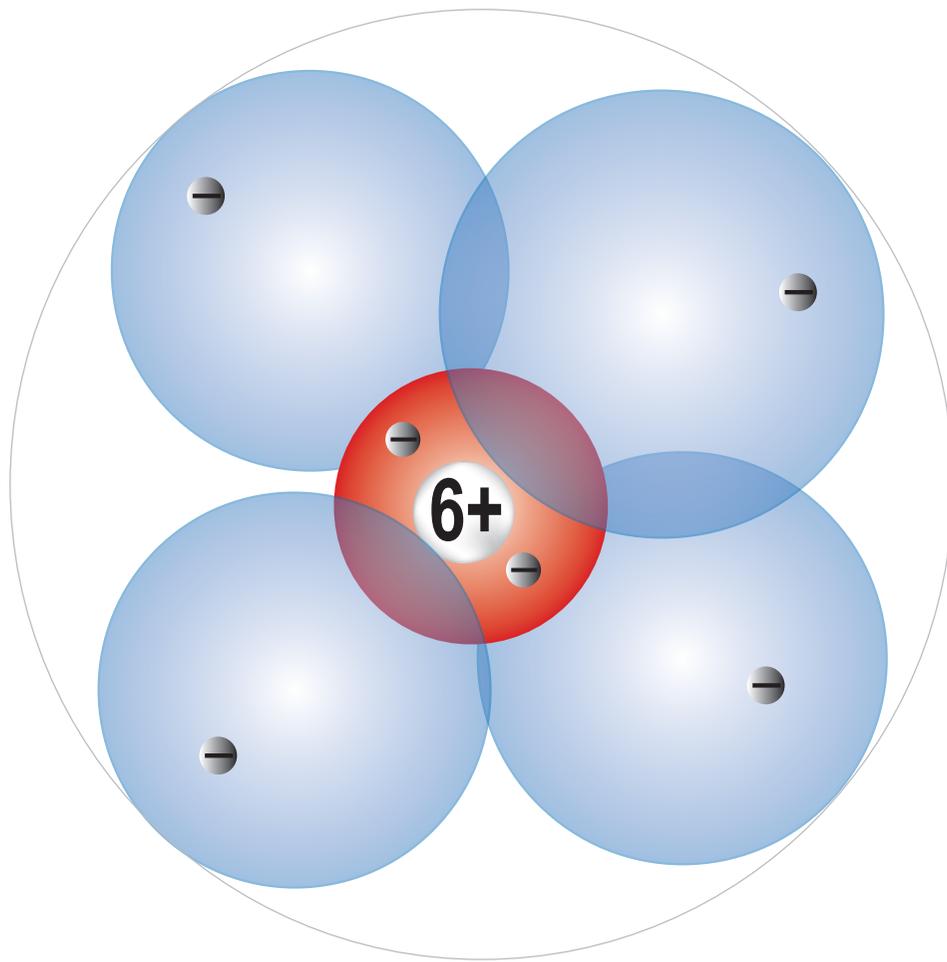
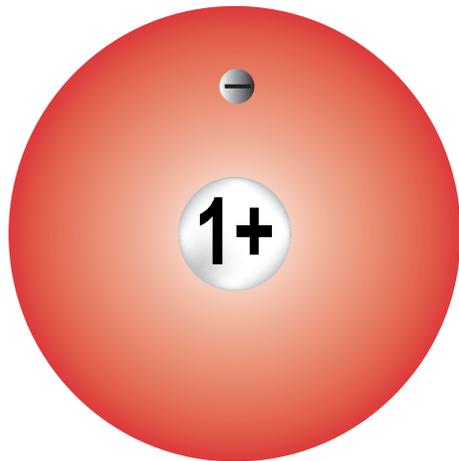
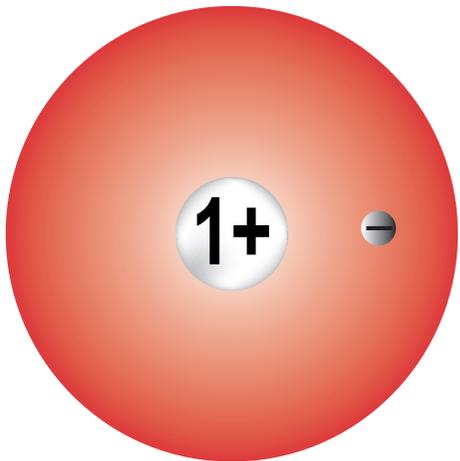
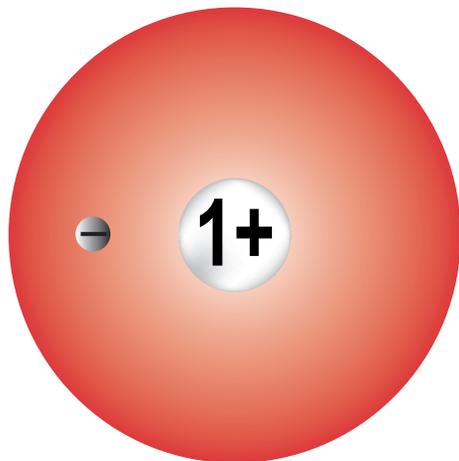
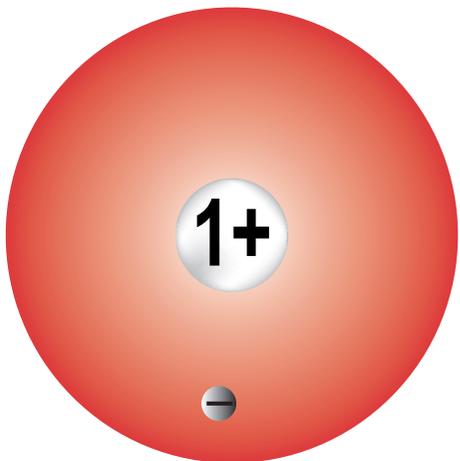
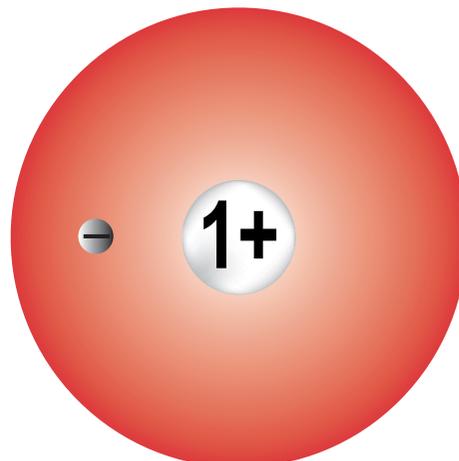
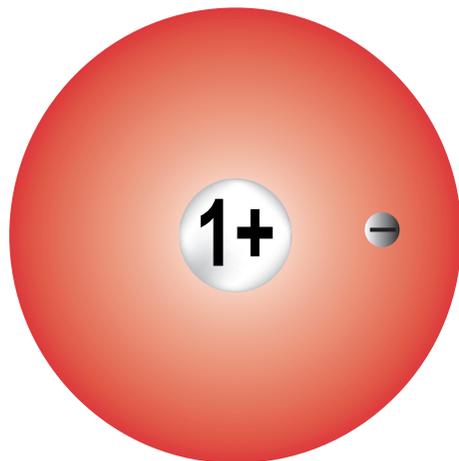
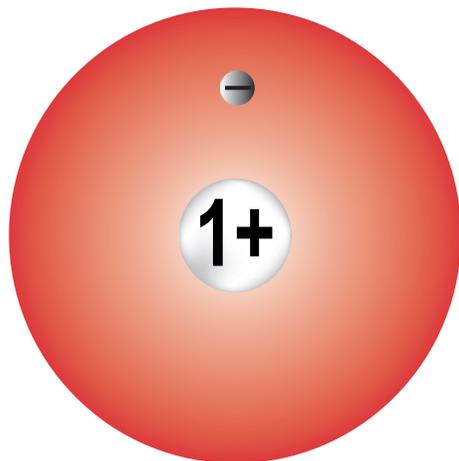
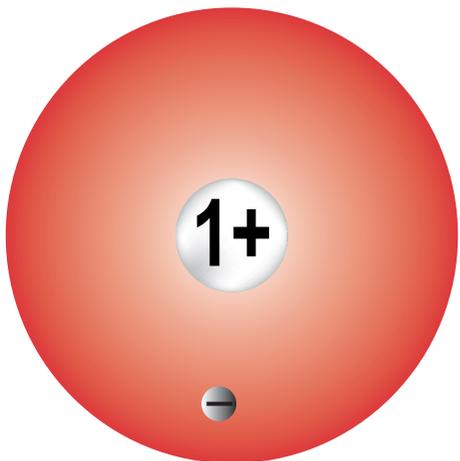


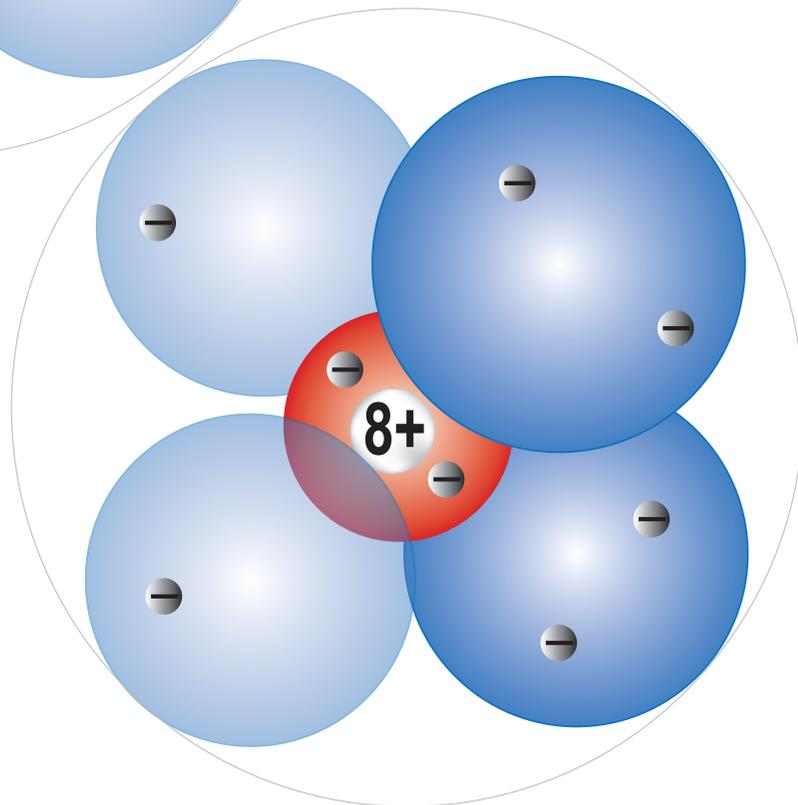
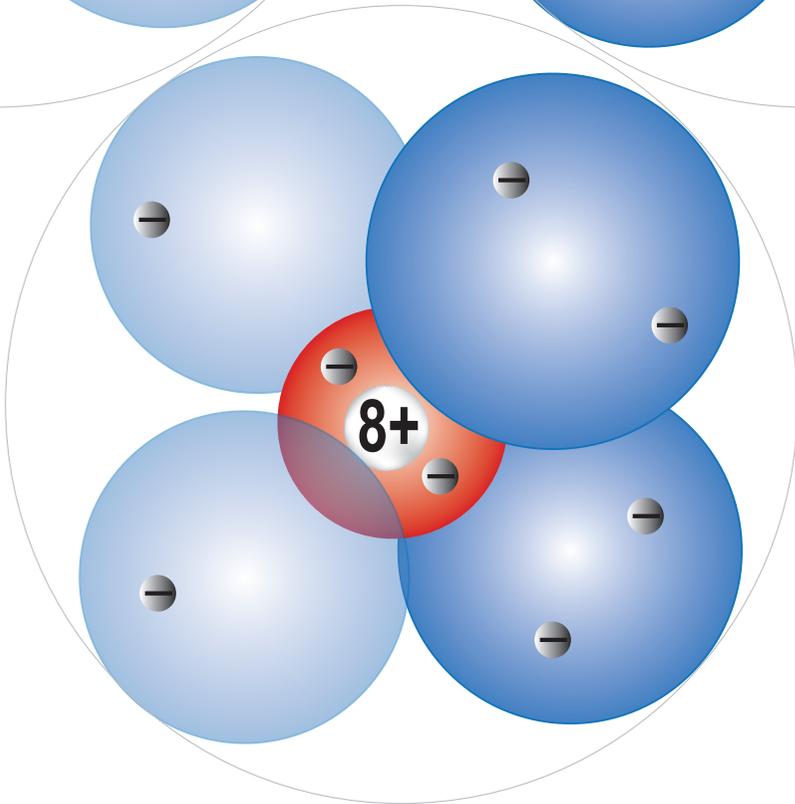
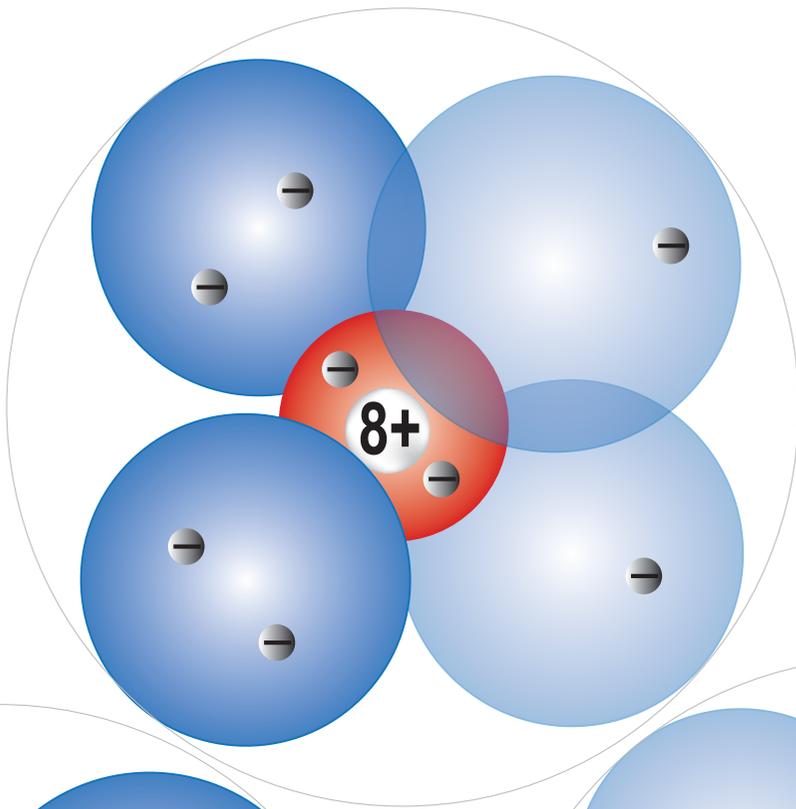
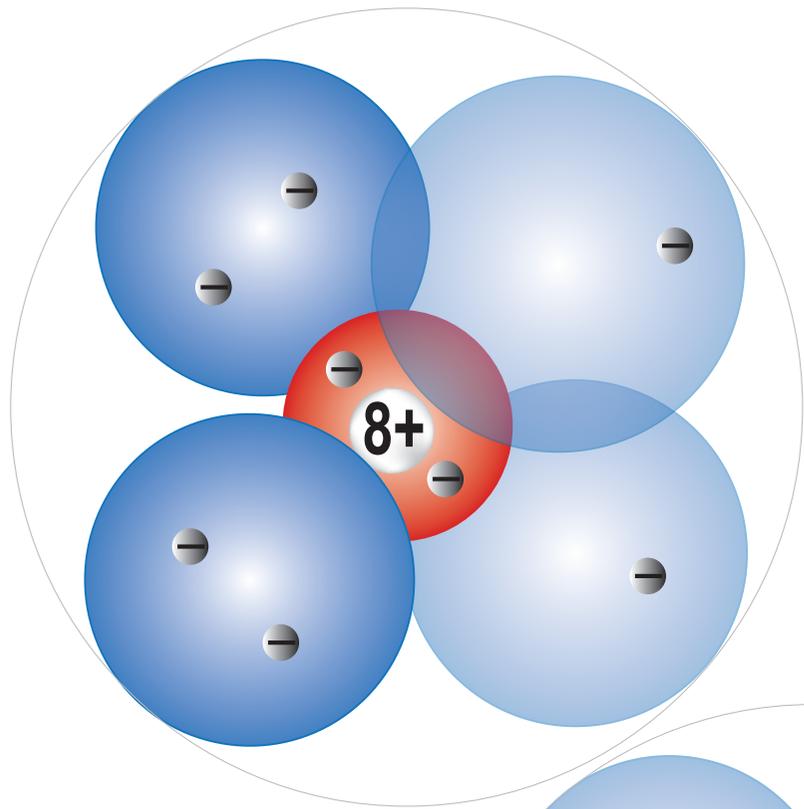
Vorteil: Die Strukturierung der Atomhülle ermöglicht die Herleitung der Oktettregel.

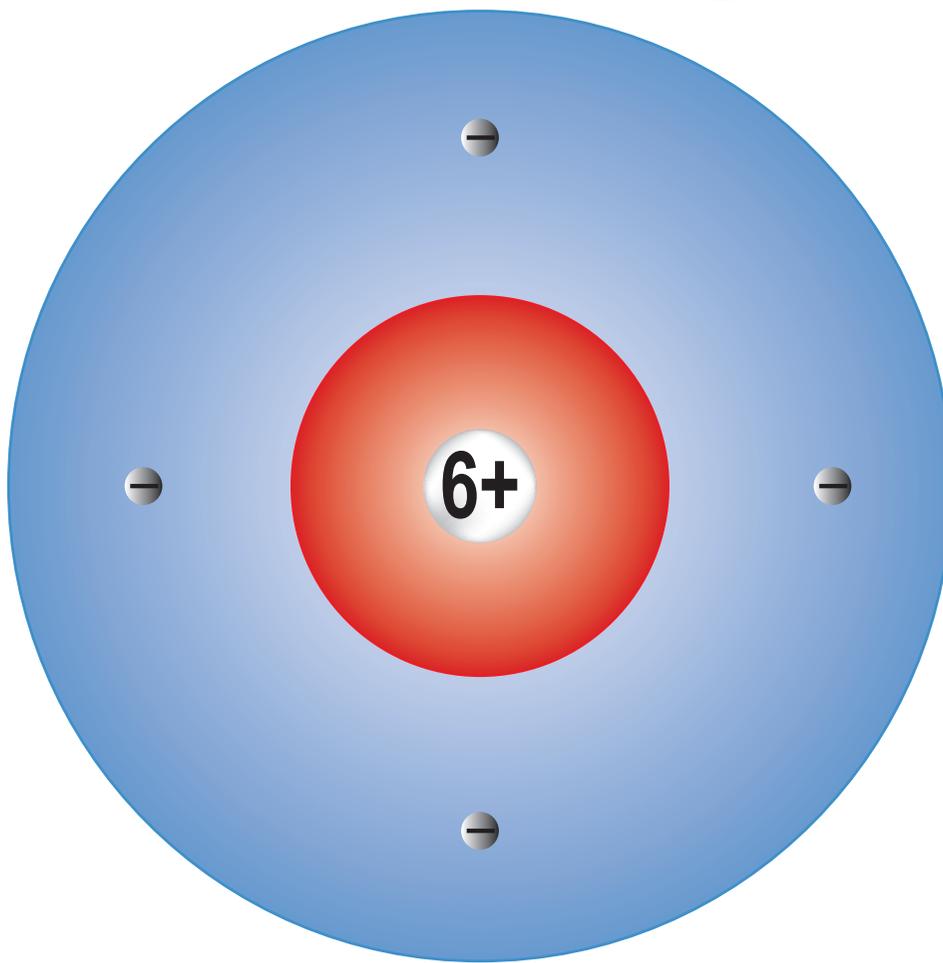
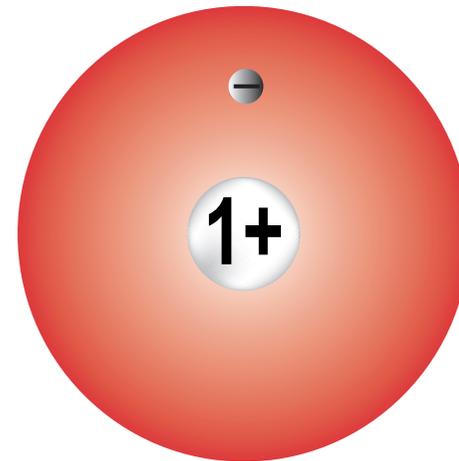
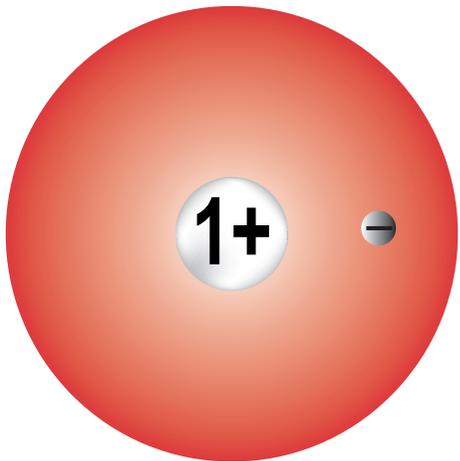
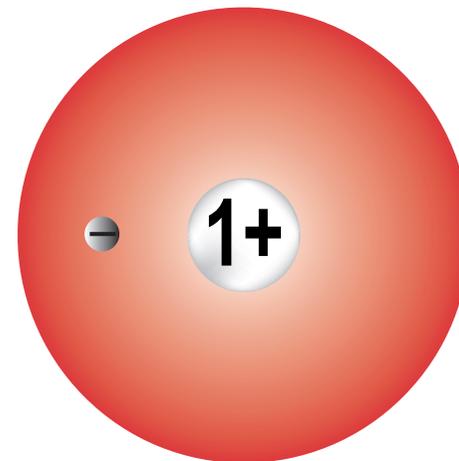
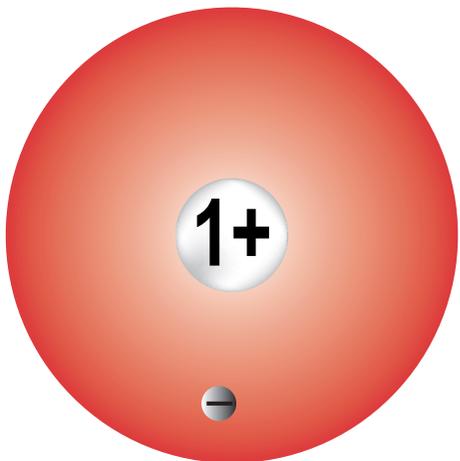
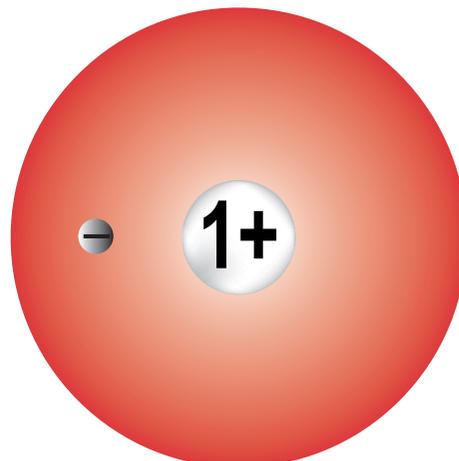
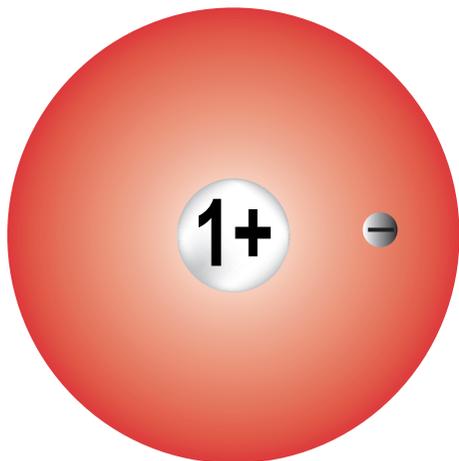
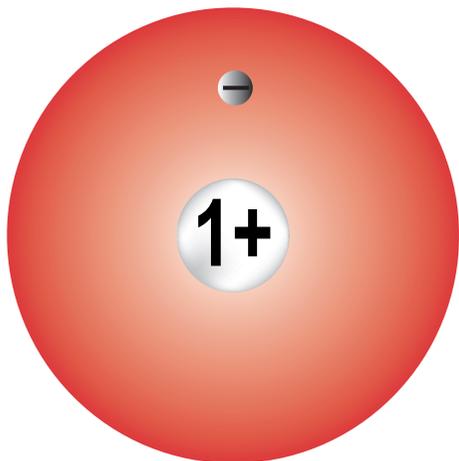
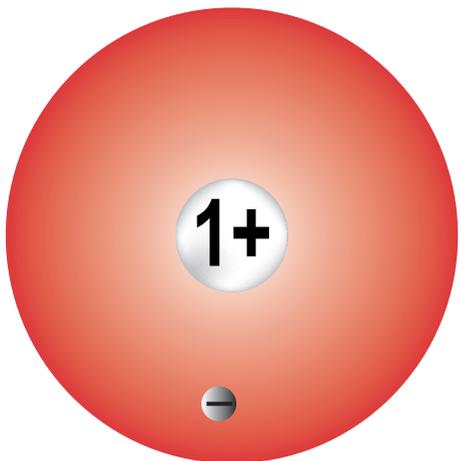
Nachteil: Direkt benachbarte Elektronen können nicht begründet werden. Die SuS können selbst keine räumliche Struktur ableiten.

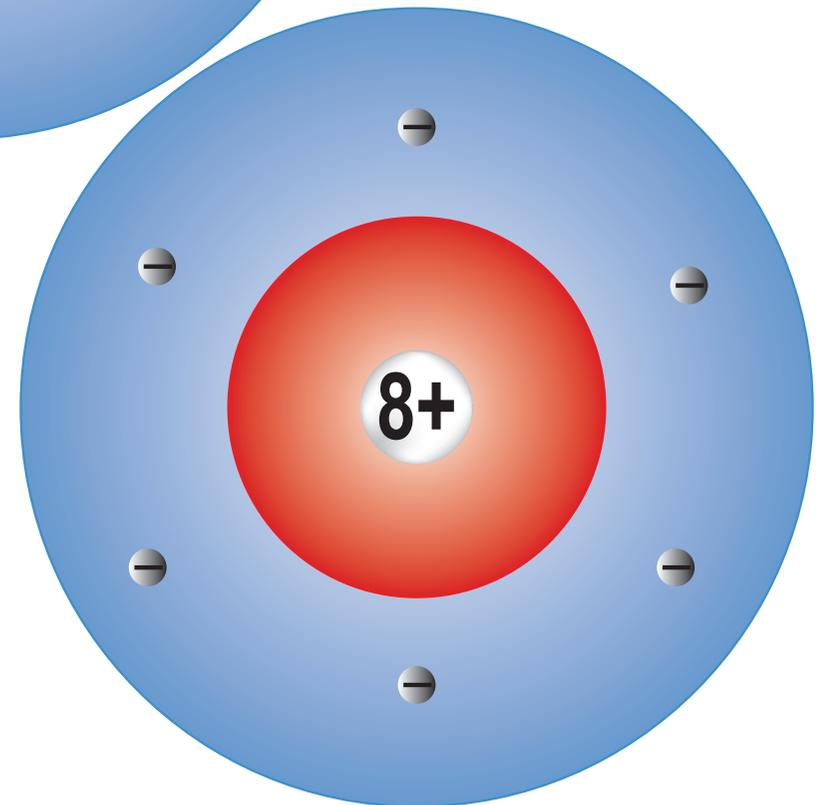
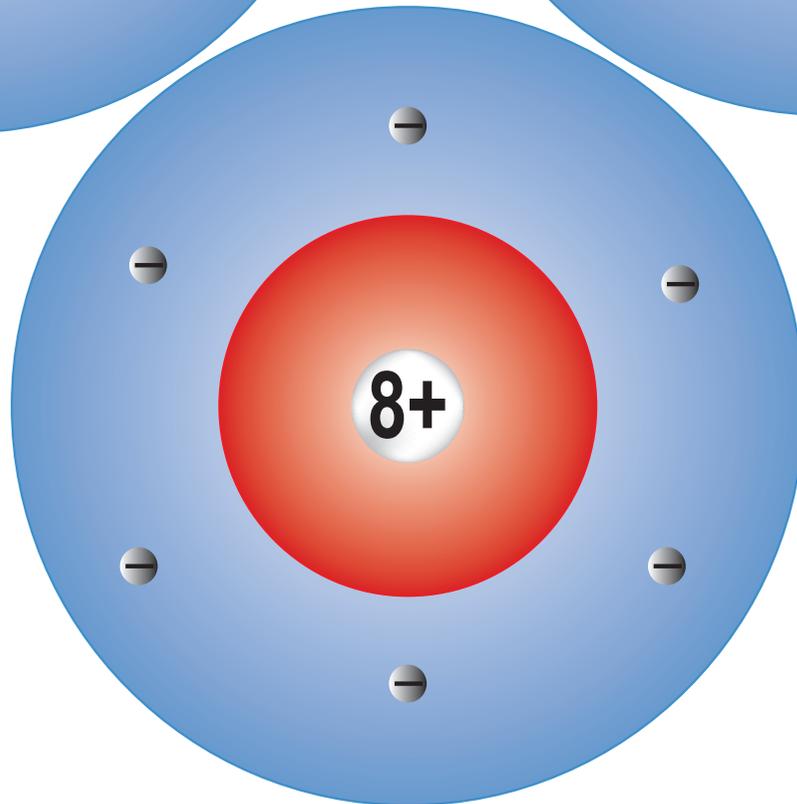
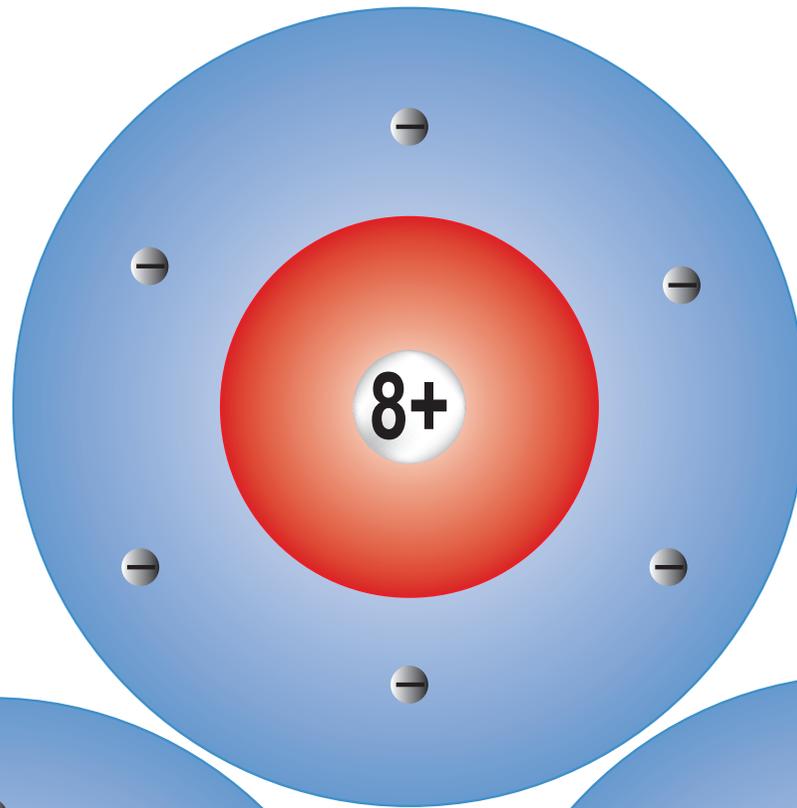
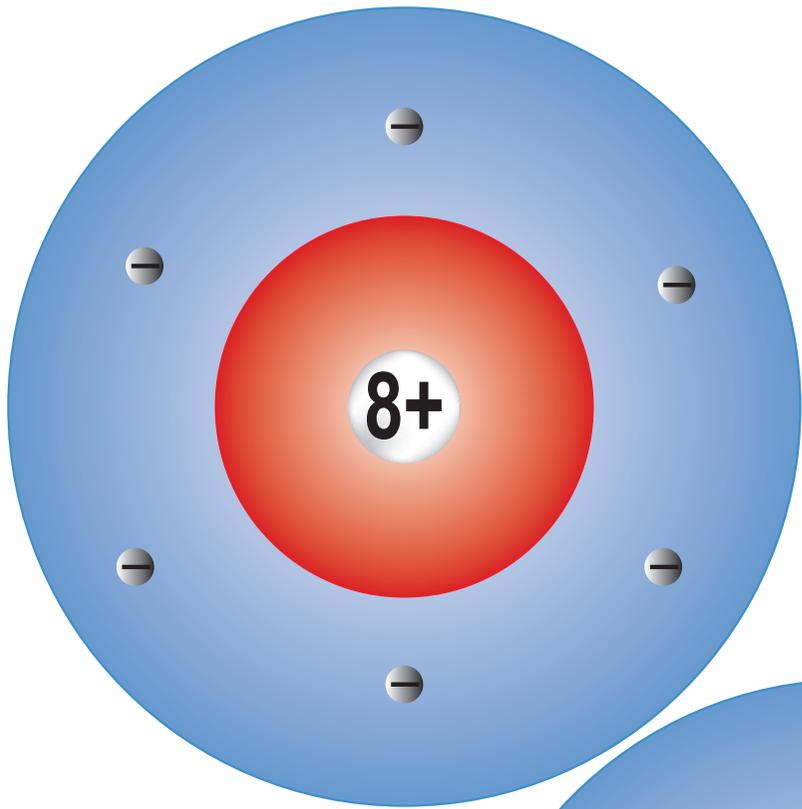








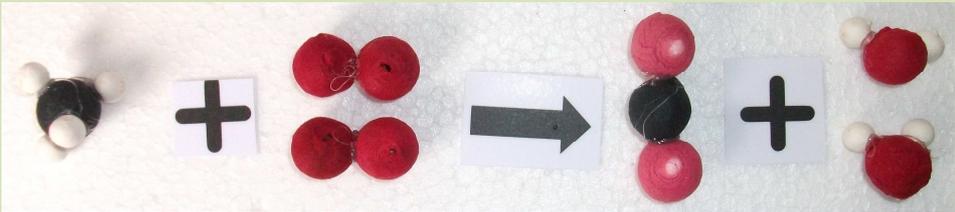
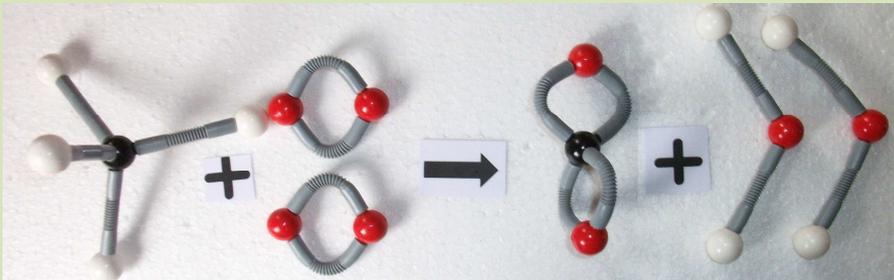




Verschiedene schematische Darstellungen der chemischen Reaktion

Stoffebene <i>Bildschema</i>		+		→	
Stoffebene <i>Wortschema</i>		+		→	
Teilchenebene <i>Kugelschema</i> <small>(ohne erkennbare Bindungen)</small>		+		→	
Teilchenebene <i>Formelschema</i> <small>(ohne erkennbare Bindungen)</small>		+		→	
Teilchenebene <i>Kugelschema mit Atombindung</i> <small>(man erkennt bindende Elektronenpaare)</small>		+		→	
Teilchenebene <i>Formelschema in Valenz(Lewis)-schreibweise</i> <small>(man erkennt freie und bindende Elektronenpaare)</small>		+		→	
Energieebene <i>Gesamtenergiebilanz</i>					
<i>Reaktionsenthalpie</i>					

LE 4 Methan verbrennen

Stoffebene Bildschema	Foto Campingkocher Kartuschenbrenner	+		→		
	brennbares, unsichtbares Gas		nicht brennbares, unsichtbares Gas		brandlöschendes, unsichtbares Gas	farblose Flüssigkeit
Stoffebene Wortschema	Methan	+	Sauerstoff	→	Kohlenstoff- dioxid	Wasser
Teilchenebene Kugelschema (ohne erkennbare Bindungen)						
Teilchenebene Formelschema (ohne erkennbare Bindungen)	CH_4	+	2O_2	→	CO_2	$2 \text{H}_2\text{O}$
Teilchenebene Kugelschema mit Atombindung (man erkennt bindende Elektronenpaare)						
Teilchenebene Formelschema in Valenz(Lewis)- schreibweise (man erkennt freie und bindende Elektronenpaare)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	+	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{O} \\ \text{O}=\text{O} \end{array}$	→	$\text{O}=\text{C}=\text{O}$	$\begin{array}{cc} \text{O} & \text{O} \\ / \backslash & / \backslash \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$
Energieebene Gesamtenergie- bilanz	Energie, die man zum Spalten von einem Mol (16 g) Methanmoleküle benötigt. 4 · C-H spalten 4 · 412 kJ $\Delta H = +1648 \text{ kJ}$		Energie, die man zum Spalten von zwei Mol (64g) Sauerstoffmoleküle benötigt. 2 · O=O spalten 2 · 497 kJ $\Delta H = +994 \text{ kJ}$		Energie, die bei der Bildung von einem Mol Kohlenstoffdioxidmoleküle (44g) und zwei Mol Wassermoleküle (36g) frei wird. 2 · 746 kJ = 1492 kJ 4 · 463 kJ = 1852 kJ $\Delta H = -3344 \text{ kJ}$	
Reaktions- enthalpie	$1648 \text{ kJ} + 994 \text{ kJ} - 3344 \text{ kJ} = -702 \text{ kJ/mol}$ 702 [kJ] Energie werden bei der Verbrennung von einem Mol (16g) Methanmolekülen frei.					

Informationen und Materialhinweise zu Biogas

Informationstext: Was ist Biogas?

Biogas ist ein Gasmisch, das bei der Vergärung von organischer Substanz durch verschiedene Mikroorganismen unter Luftabschluss und in feuchter Umgebung entsteht.

In Biogasanlagen wird dieser Prozess gezielt herbeigeführt, um Methan zu gewinnen.

Hauptbestandteile von Biogas sind Methan (50-70 %) und CO₂ (30-40 %). Außerdem enthält es geringe Mengen an Stickstoff, Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff.

Vergärung heißt der Abbau von organischer Substanz durch Mikroorganismen ohne Sauerstoff. Mikroorganismen sind z. B. Bakterien

Organische Substanz, die in Biogasanlagen verwendet werden kann:

- Pflanzen „Energiepflanzen“, nachwachsende Rohstoffe (Mais, Roggen, Gräser, Sonnenblumen, Futterrüben...)
- Reste aus der Landwirtschaft (Gras, Zuckerrübenblätter, Silage, Gemüseverarbeitung)
- Fäkalien aus der Tierhaltung (Rindergülle, Schweinegülle, Geflügelkot)
- kommunale Abfälle (Abfall aus der Biotonne, Laub..)

Informationstext: Energiepflanzen

Als Energiepflanzen bezeichnet man Pflanzen, die man extra anbaut, um sie in Biogasanlagen zu verarbeiten und Methan aus ihnen zu gewinnen.

Folgende Pflanzen nutzt man in diesem Sinne:

Raps GPS (=Ganzpflanzensilage), Maiskörner, Rübenblatt frisch, Roggen GPS, Gras frisch, Kartoffel, Kleegrassilage, Stroh, Zuckerrübe, Sorghumhirsesilage, Sudangrassilage, Getreidekörner

Um ihre Eignung zu beschreiben und zu vergleichen verwendet man u.a. diese Kriterien:

- Anspruch an den Boden
- Biogasertrag in m³ pro t FM
- Substratkosten in €/a
- TM-Gehalt in einer t Substrat
- Anzahl der Schädlinge

Bau einer Modellanlage:

Zu einer landwirtschaftlichen Biogasanlage gehört

- ein großer Behälter zur Aufbereitung des Gärsubstrates (lagern, zerkleinern, verdünnen, mischen),
- ein oder mehrere Reaktionsgefäße als zentraler Bestandteil in dem die Vergärung erfolgt,
- der Gasspeicher unter der flexiblen Decke des Reaktionsgefäßes,
- evtl. ein Nachgärlager, in dem das restliche Biogas aufgefangen wird und
- das Gärrestlager.

Unter Laborbedingungen genügt als Reaktionsgefäß ein großer Kolben, ersatzweise eine Flasche (Volumen ca. 1 Liter), die mit einem durchbohrten Stopfen verschlossen ist. Als Substrat hat sich z.B. Stroh bewährt, das mit etwas Komposterde und Regentonnenwasser verrührt wurde. Die Temperatur im Kolben soll ca. 38°C betragen. Ein Wasserbad in einem beheizbaren großen Kochtopf ist gut geeignet. Entstehendes Gas wird pneumatisch oder mit einem Kolbenprober aufgefangen.

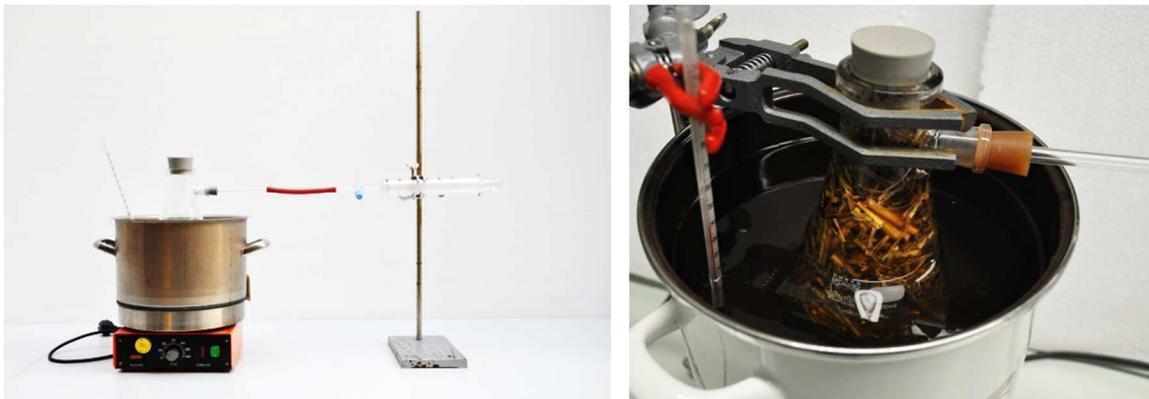
Um entstandenes Methan nachzuweisen, entfernt man zunächst den Anteil an Kohlenstoffdioxid, indem man das gesamte entstandene Gas mit Hilfe von 2 Kolbenprobern durch ein mit Natronkalk gefülltes Glasrohr „schiebt“.

Dann drückt man das restliche Gas (vorwiegend Methan) durch ein ausgezogenes Glasröhrchen, das mit einer Rückschlagsicherung versehen ist, und entzündet das Gas an der Spitze des Röhrchens an. Vorsicht: Methan bildet mit Luft explosive Gemische.

Mögliche Arbeitsaufträge:

Skizziere das Modell einer Biogas-Anlage mit den Informationen des Textes.

Baue ein Modell einer Biogas-Anlage nach der Anleitung im Text (oder der Anleitung in deinem Schulbuch) und weise die Brennbarkeit des entstandenen Gases nach.



Zusätzliches Material „Biogas in Rheinland-Pfalz“

Auf der Seite des Dienstleistungszentrums Ländlicher Raum Eifel findet man

http://www.dlr-eifel.rlp.de/Internet/global/inetcntr.nsf/dlr_web_full.xsp?src=D512PE1PYT&p1=UOT9S7988N&p3=P26M5PVG87&p4=C03BX7L16W

- eine Karte von RLP mit den Standorten der 142 Biogasanlagen (2013)
- die Entwicklung der Anzahl der Anlagen seit 2000
- viele Zahlen rund um Biogasanlagen und deren Beitrag zur Energieversorgung
- eine pdf-Datei zum Download des Beitrags
- viele weitere sehr informative Flyer und Broschüren zum Download

Weitere Informations- oder Recherchemöglichkeiten:

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

Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e.V., Texte, Broschüren, Grafiken, Video-Clips:

<http://biogas.fnr.de/>

nutzbare schematische Darstellung einer Biogasanlage:

http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/f/n/fnr510_grafik_biogas_300dpi_rgb.jpg

<http://mediathek.fnr.de/broschuren/bioenergie/biogas/leitfaden-biogas.html>

(Downloadmöglichkeit, 244 Seiten)

Möglichkeit zur Erkundung eines Betriebes (Biogasanlage bei der örtlichen Kläranlage) oder speziell in Birkenfeld

<http://www.biogas-kanns.de/links/Biogas-Atlas/Birkenfeld/447d43/>

Schematische Abbildung einer

Biogasanlage: http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/f/n/fnr510_grafik_biogas_300dpi_rgb.jpg

Filme zu Biogasanlagen:

<http://www.youtube.com/watch?v=-wEowEJioLg>

<http://www.youtube.com/watch?v=BTVirN7UXcY>

<http://www.youtube.com/watch?v=ld4dwD7zb40>

Informationstext zu Methan

Methan beschreibt der Chemiker mit der Formel CH_4 . Es kommt in der Natur in großen Mengen vor, zum Beispiel als Hauptbestandteil von Erdgas, Sumpfgas oder Faulgas. Aktuell diskutiert wird über das im Permafrostboden gespeicherte Methan und die möglicherweise großen Vorkommen als Methanhydrat am Meeresboden. Bei der Viehhaltung entsteht Methan als Produkt des Stoffwechsels.

Auch Biogas, das man in technischen Anlagen herstellt, besteht vorwiegend aus Methan. Methan dient als Brennstoff für Gasheizungen, als Treibstoff für Autos („Erdgasauto“) oder auch zur Stromgewinnung.

Außerdem ist es ein wichtiger Grundstoff in der chemischen Industrie.

Methan ist ein farbloses und geruchloses Gas (Siedetemperatur: -162°C), das leichter ist als Luft. In der Atmosphäre verursacht es eine starke Treibhauswirkung.

Bei der Verbrennung von Methan entsteht Kohlenstoffdioxid und Wasser. Der Heizwert beträgt fast 5000 kJ pro 100 g.

Möglicher Arbeitsauftrag:

Erstelle einen Steckbrief von Methan. Du kannst den Infotext oder andere Quellen nutzen.

Mögliche Lösung:

Steckbrief zum Methan	
chem. Bezeichnung	Methan
Formel	CH ₄
Vorkommen	als Erdgas, Sumpfgas, Faulgas, Biogas, Permafrostboden, Methanhydrat
Verwendung	Brennstoff für Gasheizung, Auto (Erdgasauto), Stromgewinnung, Grundstoff für die chem. Industrie
Gewinnung	aus Erdöl und Erdgas
Herstellung	aus Biomasse durch mikrobielle Vergärung
Eigenschaften	
Farbe	farblos
Geruch	geruchlos
Löslichkeit (H ₂ O)	schlecht
Siedetemperatur	-162° C
Aggregatzustand bei 20° C	gasförmig
Dichte	geringer als Luft 0,72 g/l bei 0° C und Normaldruck
Brennbarkeit	brennbar
Heizwert	4688 kJ/100g
Gefahrenpotenzial	hochentzündlich bildet mit Luft explosive Gemische
wichtige Reaktionen	Verbrennung, Reaktion mit Sauerstoff
Umweltrelevanz	hohes Treibhauspotenzial

Verbrennung von Methan - Nachweis der Reaktionsprodukte

DGUV SR 2003							Weitere Maßnahmen: Explosionsgefahr
X	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	
Methan: R-Sätze: 12 S-Sätze: (2)-9-16-33			Calciumhydroxid (Kalkwasser): R-Sätze: 34 S-Sätze: 26-36/37/39-45				

Materialien und Chemikalien:

2 Reagenzgläser, Stopfen, Reagenzglasständer, Reagenzglaslammer, Erlenmeyerkolben, Tiegelzange, Gasbrenner, Feuerzeug, Cobaltchlorid-Papier oder Watesmo-Papier oder weißes Kupfersulfat, Kalkwasser in einem Reagenzglas

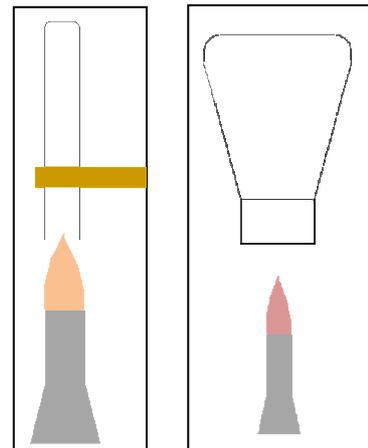
Durchführung:

Bitte beachte die Sicherheitshinweise: Schutzbrille tragen!

Kalkwasser ist ätzend. Bei Kontakt mit der Haut, sofort mit Wasser abspülen.

Tropfen auf dem Tisch mit einem feuchten Tuch abwischen.

1. Halte das Reagenzglas wie in der Abbildung etwa 5 Sekunden über die Brennerflamme.
2. Fülle anschließend etwa 2 cm Kalkwasser aus einem zweiten Reagenzglas ein und verschließe mit dem Stopfen. Vorsicht: Verbrennungsgefahr am heißen Glas. Schüttle das Reagenzglas und beobachte.
3. Halte einen Erlenmeyerkolben über den Gasbrenner und warte so lange, bis Du an der Glasinnenseite Flüssigkeitströpfchen erkennen kannst. Greife das Watesmo-Papier mit der Tiegelzange und wische damit den flüssigen Niederschlag auf.



Beobachtungen:

Zu 2.: Das Kalkwasser trübt sich und man erkennt einen weißen Niederschlag.

Zu 3.: Die aufgenommenen Flüssigkeitstropfen reagieren mit dem Nachweismittel in der für Wasser charakteristischen Weise.

Auswertung:

Bei der Verbrennung vom Methan mit Sauerstoff entstehen als Produkte Kohlenstoffdioxid (positiver Nachweis mit Kalkwasser) und Wasser.

Wortgleichung

Methan + Sauerstoff → Kohlenstoffdioxid + Wasser; exotherm

Symbolgleichung

$\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$; exotherm

Didaktisch/methodische Hinweise:

Ggf. kann man die Aktivierungsenergie noch über dem Reaktionspfeil ergänzen.

Je nach den unterrichtlichen Voraussetzungen kann die Reaktionsgleichung auch in der Lewis-Schreibweise formuliert werden.

Bilanzierung des Energieumsatzes bei Verbrennungsreaktionen

Hinweise:

Pro Schülerin bzw. Schüler oder Schülergruppe sind folgende Pfeilapplikationen notwendig. Diese sind für die Betrachtung der Verbrennung von Wasserstoff (LE 2) und Verbrennung von Methan (LE 5) zu verwenden.

Bindung	Energiepfeil	Anzahl für die Wasserstoff-Verbrennung	Anzahl für die Methan-Verbrennung	Summe
C-H	412 kJ	0	4	4
H-H	436 kJ	2	0	2
O=O	497 kJ	1	2	3
O-H	-463 kJ	4	4	8
C=O	-746 kJ	0	2	2

Im Onlinematerial findet sich eine entsprechende Kopiervorlage (LE2_Kopiervorlage Energiepfeile).

Information für die Schülerinnen und Schüler:

Zur **Spaltung** einer bestimmten Anzahl Wasserstoff-Wasserstoffbindungen benötigt man 436 kJ.

Bei der **Bildung** einer bestimmten Anzahl Wasserstoff-Wasserstoffbindungen werden 436 kJ an die Umgebung abgegeben.

Zur **Spaltung** einer bestimmten Anzahl Wasserstoff-Sauerstoffbindungen benötigt man 463 kJ.

Bei der **Bildung** einer bestimmten Anzahl Wasserstoff-Sauerstoffbindungen werden 463 kJ an die Umgebung abgegeben.

Zur **Spaltung** einer bestimmten Anzahl Sauerstoff- Sauerstoffdoppelbindungen benötigt man 497 kJ.

Bei der **Bildung** einer bestimmten Anzahl Sauerstoff- Sauerstoffdoppelbindungen werden 497 kJ an die Umgebung abgegeben.

Zur **Spaltung** einer bestimmten Anzahl Kohlenstoff-Wasserstoffbindungen benötigt man 412 kJ.

Bei der **Bildung** einer bestimmten Anzahl Kohlenstoff-Wasserstoffbindungen werden 412 kJ an die Umgebung abgegeben.

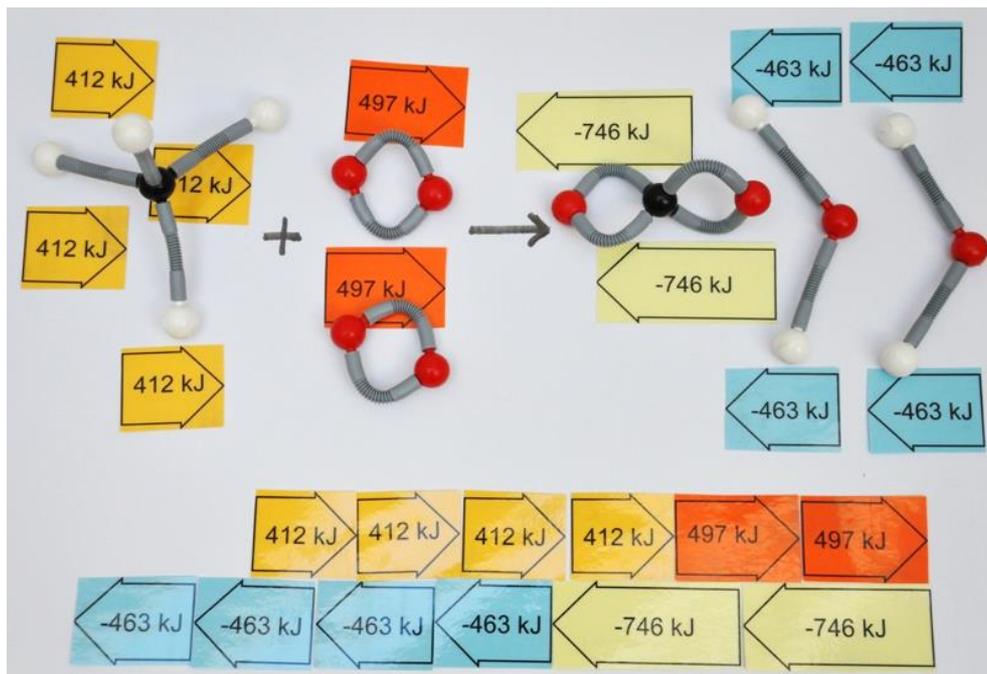
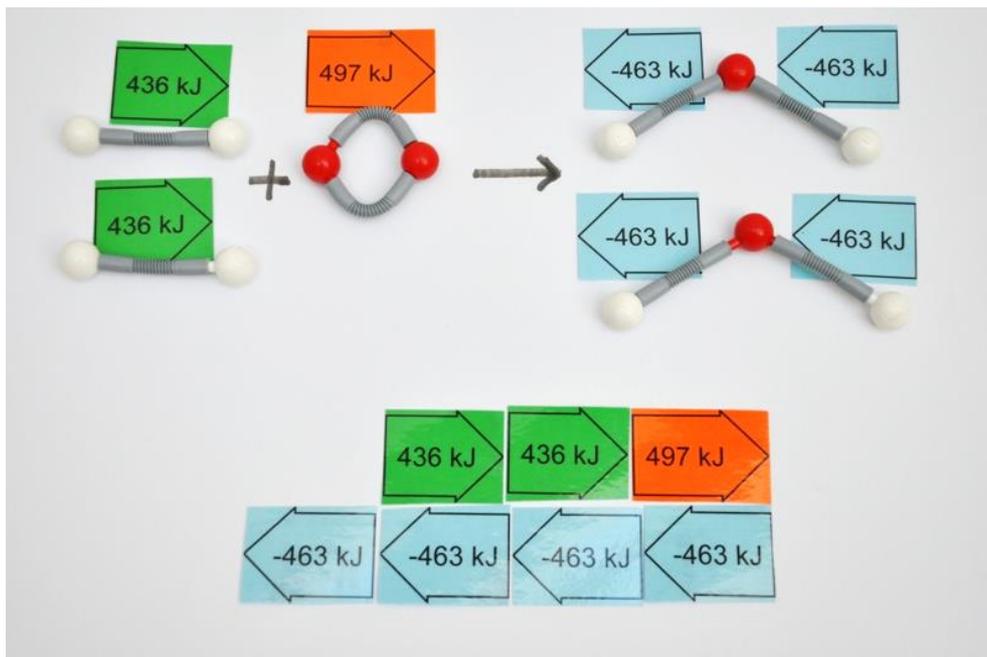
Zur **Spaltung** einer bestimmten Anzahl Sauerstoff-Kohlenstoffdoppelbindungen benötigt man 746 kJ.

Bei der **Bildung** einer bestimmten Anzahl Sauerstoff-Kohlenstoffdoppelbindungen werden 746 kJ an die Umgebung abgegeben.

Mögliche Arbeitsaufträge:

1. Lege mit den Molekülmodellen die Reaktionsgleichung für die Reaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff bzw. Methan mit Sauerstoff.
2. Nutze die Informationen zu den Energiebeträgen, um mit den Energiepfeilen herauszufinden, ob die chemische Reaktion exotherm oder endotherm verläuft.
3. Ermittle jeweils die Reaktionsenergie (in kJ) für die betrachtete Reaktion.

Lösungen:



Wir stecken ein Energiediagramm (Lehrerhinweise)

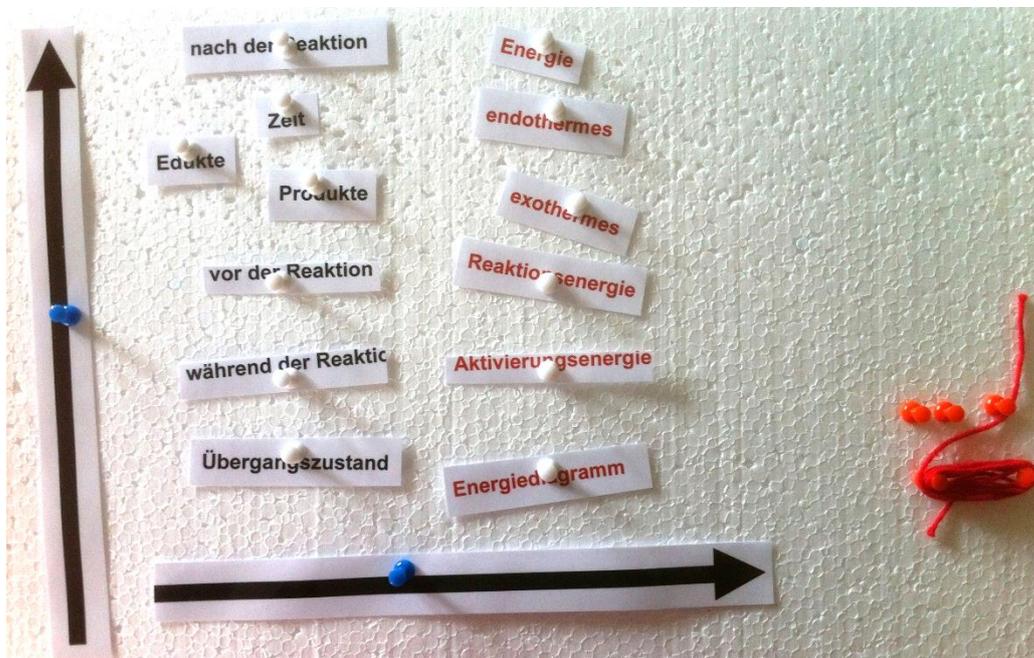
Vorbereitung der Aktivität:

Aus schwarzem (laminiertem), festeren Papier die Achsen ausschneiden

Folgende Begriffe (sinnvoll in zwei verschiedenen Farben) auf festeres Papier ausdrucken, (laminieren) und schneiden.

Die Styroporplatte, Modelle der Edukte/Produkte/Übergangszustand, Pinnadeln und Wollfäden bereithalten.

Energie	vor der Reaktion
Aktivierungsenergie	während der Reaktion
Energiediagramm	nach der Reaktion
exothermes	Edukte
endothermes	Produkte
Reaktionsenergie	Übergangszustand
	Zeit



Vorbereitendes Unterrichtsgespräch:

- die Begriffe exotherm, endotherm, Aktivierungsenergie, Reaktionsenergie definieren und die Kärtchen zuordnen lassen
- die verschiedenen Kurvenverläufe der Schülerinnen und Schüler vergleichen und diskutieren lassen

Anmerkung:

Ob man den Schülern die zweite Spalte der Tabelle gleich gibt, selbst umklappt und ggf. einschneidet oder zum Nachschauen zur Verfügung vorhält, entscheidet die Lehrkraft entsprechend ihrer Lerngruppe.

Man kann die Leitgedanken der Tabelle/des Diagramms auch für die Reaktion **Wasserstoff verbrennen** mit den Schülern gemeinsam erarbeiten und dann eigenständig **Methan verbrennen** oder **Kohle verbrennen** stecken lassen. Der Vergleich der Aktivierungsenergien und der Reaktionsenergien der einzelnen Reaktionen ist dabei jeweils wichtig.

Differenzierung nach oben:

Für besonders gute Schülerinnen und Schüler kann man den Text in der Tabelle reduzieren bzw. weglassen.

Differenzierung nach unten:

Die Lehrkraft entwickelt mit den Schülerinnen und Schülern gemeinsam das Diagramm oder lässt sie das fertige Energiediagramm durch Sprechblasen ergänzen.

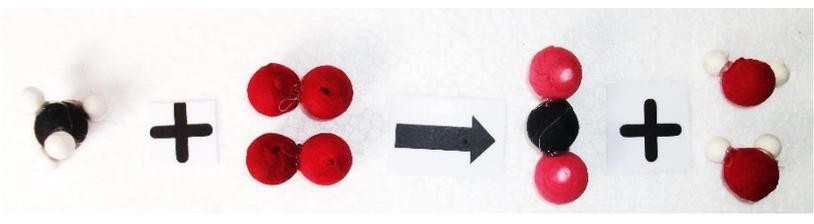
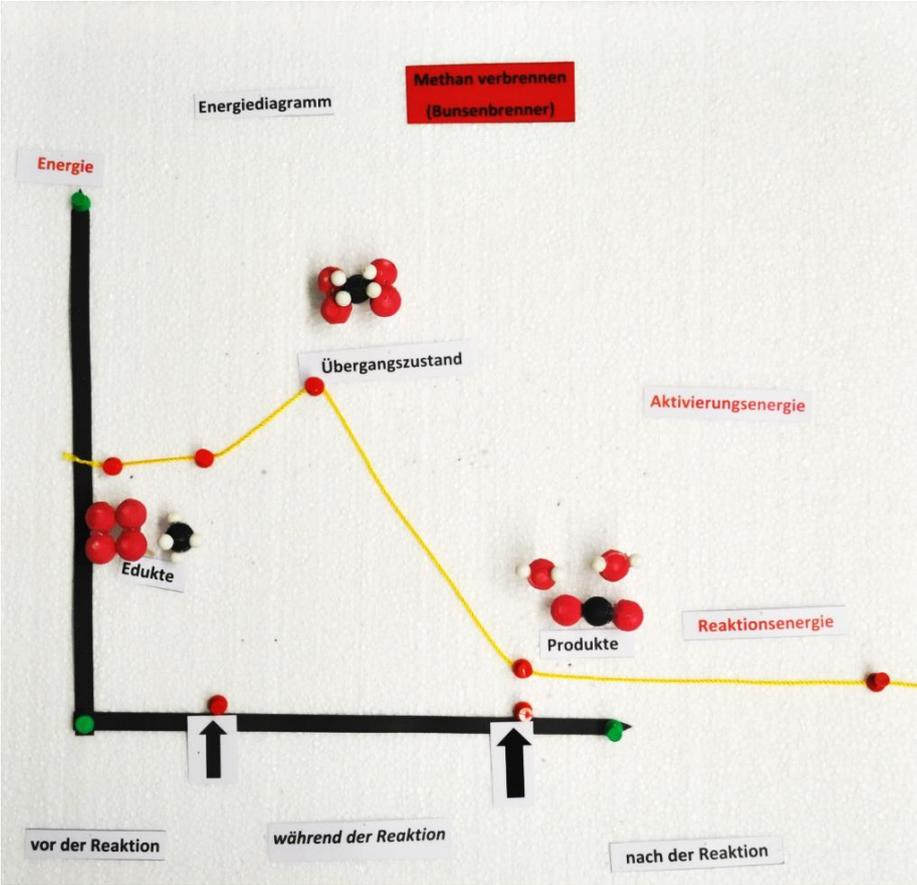
Wir stecken ein Energiediagramm (Schülerarbeitsblatt)

Naturwissenschaftler stellen vieles in einem Diagramm dar, dadurch wird es übersichtlicher. Du sollst nun ein Energiediagramm erstellen, das die Veränderungen der Energieinhalte der Stoffe bei der **Verbrennung von Wasserstoff** zeigt. Dazu hast du diverse Materialien zur Verfügung.

Als Hilfe kannst du dich an folgende Tabelle halten. Zur Kontrolle kannst du jeweils bei dem Arbeitsblatt die rechte Spalte aufklappen (und nur den jeweils benötigten Text lesen.)

Arbeitsanweisung	Hilfe
Überlege dir, was allen Diagrammen gemeinsam ist und lege diese Bestandteile auf die Styroporplatte. Ordne die Kärtchen vor, während und nach der Reaktion zu, markiere auf der x Achse den Start- und Endpunkt mit einer roten Nadel.	<i>Achsen, Achsenbeschriftung (Zeit auf die x-Achse)</i>
Die Stoffe vor der Reaktion haben eine bestimmte Energie gespeichert. Symbolisiere dies, indem du eine Nadel in beliebiger Höhe auf die Y-Achse pinnst.	
Überlege nun, wie/ob sich die Energie der Edukte verändert, wenn du bis zum Beginn der chemischen Reaktion nichts mit diesen machst. Stecke eine weitere Nadel, die dies symbolisiert.	<i>Energieinhalt hat sich nicht verändert. Nadel auf die gleiche Höhe stecken, nur weiter rechts (Auf der Zeitachse auf Höhe der roten Nadel).</i>
Die Reaktion startet, sobald man eine Flamme in die Nähe der Edukte bringt. Überlege, ob du den Stoffen durch das Anzünden Energie zuführst oder ob du Energie von den Edukten erhältst. Haben die Stoffe zu diesem Zeitpunkt der Reaktion mehr oder weniger Energie als vor der Reaktion? Stecke dazu erneut eine Nadel.	<i>Nadel höher stecken, da man Energie zuführt. (Auf der Zeitachse auf Höhe während der Reaktion).</i>
Stecke eine weitere Nadel, die den Energieinhalt des Produkts nach der Reaktion darstellt. Überlege, ob du im Laufe der Reaktion ständig Energie zuführen musstest oder ob du Energie erhalten hast. Haben die Stoffe zu diesem Zeitpunkt der Reaktion mehr oder weniger Energie als zu Beginn?	<i>Nadel tiefer stecken als zu Beginn, da Energie frei wird. (Auf der Zeitachse auf Höhe der zweiten roten Nadel).</i>
Überlege nun, wie/ob sich die Energie des Produkts in der nächsten Chemiestunde verändert hat und stecke eine Nadel dorthin.	<i>Energieinhalt hat sich nicht verändert. (Auf der Zeitachse auf Höhe nach der Reaktion)</i>
Stecke die Modelle, die die Stoffe der Reaktion symbolisieren, an die richtige Stelle des Diagrammes und lege die Textkärtchen Edukte, Produkte, Übergangszustand dran.	
Verbinde die Pinnadeln mit dem Faden, um eine Kurve zu erhalten.	<i>wird besprochen</i>
Zeichne diese nach der Besprechung in dein Heft.	<i>wird besprochen</i>
Wiederhole alles für die Reaktionen Verbrennung von Methan und Kohle .	<i>wird besprochen</i>

Mögliche Lösungen:

Stoffebene	Methan + Sauerstoff → Kohlenstoffdioxid + Wasser
Modellebene = Teilchenebene (einfach, ohne Bindungen)	
Repräsentations- ebene	$\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
Energie- und Teilchenebene (visualisiert)	
	
Energieebene (mathematisiert) Nur als Vertiefung oder später.	$\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ $1648 \text{ kJ} + 994 \text{ kJ} - 1492 \text{ kJ} - 1852 \text{ kJ} = -702 \text{ kJ}$ $\Delta H_R < 0$ (exotherm)

Aufstellen und Einrichten von Gleichungen

Reaktionsgleichungen fassen eine chemische Reaktion knapp zusammen. Es werden die Edukte (Ausgangsstoffe) angegeben, die in der chemischen Reaktion zu den Produkten (Endstoffen) reagieren. Um eine Reaktionsgleichung zu erstellen, muss man alle Edukte und Produkte kennen. Dazu werden die Produkte mittels spezifischer Nachweise identifiziert.

Reaktionsgleichungen fassen mittels Formeln knapp zusammen, was bei einer chemischen Reaktion passiert. Da sich die Anzahl der Atome bei einer Reaktion nicht verändert, muss man durch Koeffizienten dafür sorgen, dass ihre Anzahl auf beiden Seiten der Reaktionsgleichung gleich ist.

Beispiel: Verbrennung von Pentan

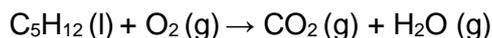
Pentan wird verbrannt.

Als Verbrennungsprodukte können Kohlenstoffdioxid und Wasser identifiziert werden.

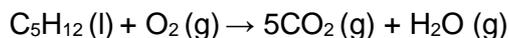
- Wortgleichung hinschreiben:

Pentan + Sauerstoff → Kohlenstoffdioxid + Wasser

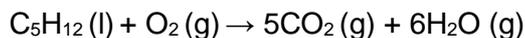
- Hinschreiben der Formeln aller beteiligter Stoffe:



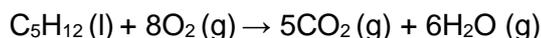
- Das Molekül Pentan enthält 5 Kohlenstoffatome. Daraus entstehen bei der Verbrennung 5 Kohlenstoffdioxidmoleküle, die jeweils ein Kohlenstoffatom enthalten:



- Pentan enthält 12 Atome Wasserstoff, ein Wassermolekül 2 Atome. Es entstehen also 6 Moleküle Wasser:

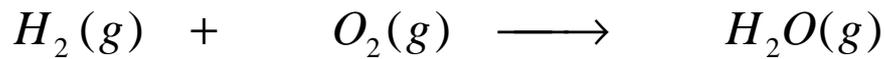
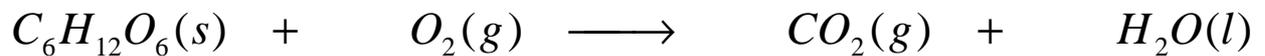
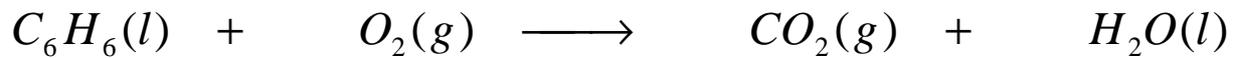
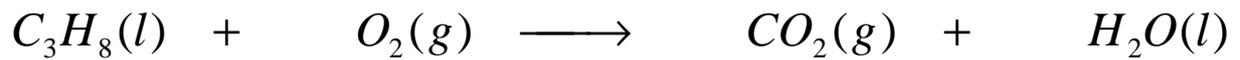
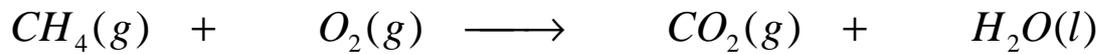


- Auf der rechten Seite zählt man insgesamt 16 Atome Sauerstoff (10 in 5 Molekülen Kohlenstoffdioxid, 6 in 6 Molekülen Wasser). Man braucht also auf der linken Seite ebenfalls 16 Atome Sauerstoff. Diese kommen in 8 Molekülen Sauerstoff vor, die aus jeweils 2 Sauerstoffatomen bestehen.



Aufgaben:

1. Gib an, wie man die Stoffe Kohlenstoffdioxid und Wasser nachweisen kann.
2. RICHTE die folgenden Gleichungen EIN, d. h. bestimme die Koeffizienten vor den Formeln.



3. ERKLÄRE am ersten Beispiel, wie du beim Einrichten einer Gleichung vorgehst.
4. Bei einer chemischen Reaktion ist die Masse der Edukte genauso groß wie die der Produkte. ERKLÄRE, warum dies so ist.

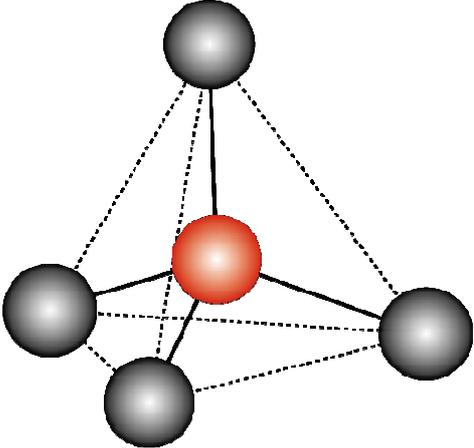
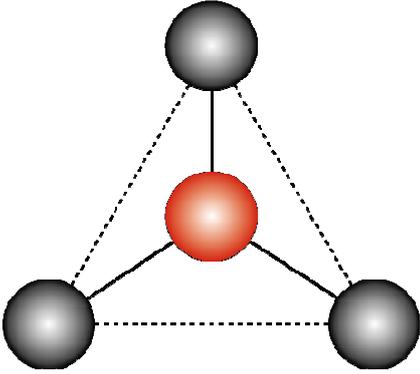
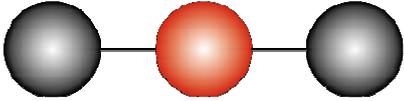
Das EPA-Modell zur Beschreibung der räumlichen Struktur von Molekülen

Mit dem EPA-Modell (Elektronenpaarabstoßungsmodell) können wir die räumliche Struktur von Molekülen beschreiben. Dabei gelten folgende Regeln:

- Elektronenpaare bestehen aus negativ geladenen Elektronen; sie stoßen sich deshalb gegenseitig ab und ordnen sich somit so weit wie möglich voneinander entfernt an.
- Freie Elektronenpaare verhalten sich dabei grundsätzlich wie bindende Elektronenpaare (werden gleich behandelt).
- Doppel- und Dreifachbindungen werden wie eine etwas größere Einfachbindung behandelt.

Die Bindungselektronen und die freien Elektronenpaare befinden sich um den Atomkern und die Elektronen der inneren Schalen des Zentralatoms herum (diesen inneren Bereich stellen wir uns als Kugel vor). Sie ordnen sich so an, dass ihr Abstand größtmöglich wird.

Für die **geometrische Grundfigur der Elektronenpaare** um das Zentralatom unterscheidet man drei Grundformen:

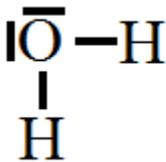
	<p>Gehen wir von vier Elektronenpaaren aus, so ergibt sich die so genannte tetraedrische Anordnung.</p> <p>Der Name kommt von der geometrischen Struktur des Tetraeders, wie er links abgebildet ist. Die vier Elektronenpaare zeigen in die Ecken des Tetraeders.</p>
	<p>Drei Elektronenpaare sind dann maximal voneinander entfernt, wenn sie sich in einer Ebene befinden. Man nennt die Anordnung dreieckig-eben oder trigonal-planar.</p>
	<p>Zwei Elektronenpaare ordnen sich dann maximal voneinander entfernt an, wenn sie sich gegenüber liegen (alle Atome auf einer Linie). Diese Anordnung nennt man linear.</p>

Zur Bestimmung der **geometrischen Anordnung der Atome** - der sogenannten räumlichen Struktur - geht man folgendermaßen vor:

1. Aufstellen der LEWIS-Formel
2. Ermitteln der geometrischen Grundfigur aller am Zentralatom vorhandenen Elektronenpaare.
3. Ermitteln der geometrischen Anordnung der Atome.

Beispiel: Das Wasser-Molekül

1. Lewis-Formel:



2. Das Zentralatom ist in diesem Fall das Sauerstoffatom. An ihm befinden sich zwei freie Elektronenpaare und zwei bindende Elektronenpaare zu den beiden Sauerstoffatomen, somit also vier Elektronenpaare. Die **geometrische Anordnung der Elektronenpaare** nennt man **tetraedrisch**.

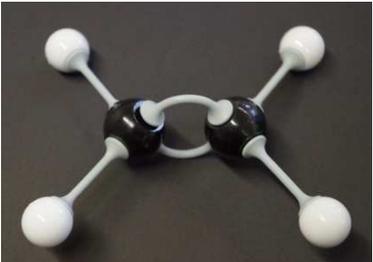
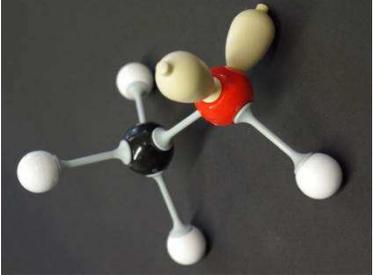
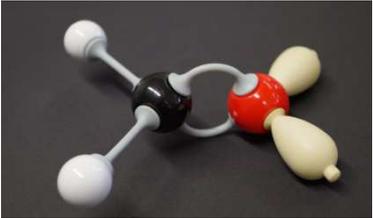
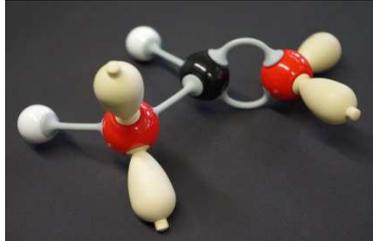
Im Modell sieht das folgendermaßen aus:



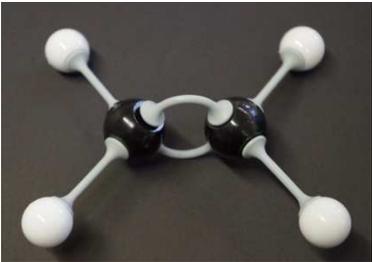
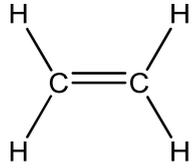
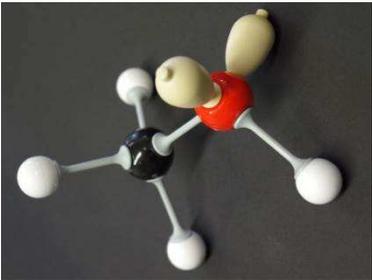
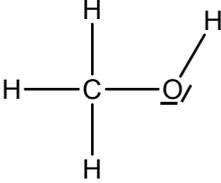
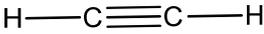
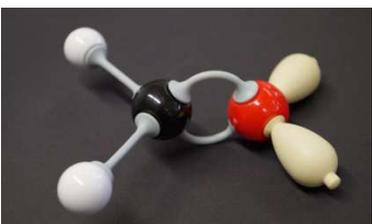
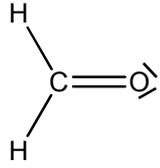
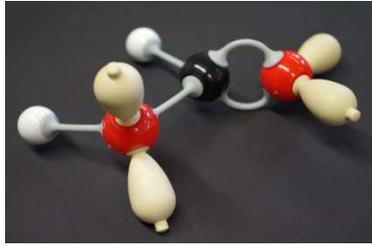
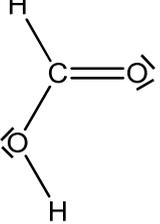
3. Wir können erkennen, dass die drei Atome (Wasserstoff-Sauerstoff-Wasserstoff) in einem Winkel zueinander stehen. Die **geometrische Anordnung der Atome** nennt man deshalb **gewinkelt**.

Übung zur Bestimmung der Raumstruktur von Molekülen

Ergänze die Tabelle.

Molekülmodell	Geometrische Anordnung der Elektronenpaare	Geometrische Anordnung der Atome	Lewis-Formel
			
			
			
			
			

Lösung:

Molekülmodell	Geometrische Anordnung der Elektronenpaare	Geometrische Anordnung der Atome	Lewis-Formel
	trigonal planar (wegen Doppelbindung)	trigonal planar	
	tetraedrisch	gewinkelt (am O-Atom)	
	linear (wegen Dreifachbindung)	linear	
	trigonal planar (wegen Doppelbindung)	trigonal planar	
	trigonal planar (am C-Atom und Carbonyl-O-Atom) tetraedrisch (am Hydroxy-O-Atom)	trigonal planar (zentrales C-Atom) gewinkelt (Hydroxyl-Gruppe)	

Elektronenpaarbindung - Darstellung von Molekülen mit dem Kugelwolkenmodell

Lückentext:

Reagieren zwei Nichtmetalle miteinander, entstehen so genannte _____, die aus elektrisch ungeladenen Teilchen, den Molekülen aufgebaut sind.

_____ sind Gruppen von Atomen, in denen jeweils zwei Atome über eine Elektronenpaarbindung (EPB) miteinander verbunden sind.

In der Vorstellung des Kugelwolkenmodells entsteht eine _____, wenn zwei einfach besetzte Kugelwolken (je eine von einem Atom) überlappen und sich eine _____ zwischen den beiden Atomrümpfen der beiden beteiligten Atome ausbildet.

Diese Bindungskugelwolke ist dann mit _____ Elektronen besetzt, diese beiden Elektronen bezeichnet man zusammen als _____.

Die beiden Elektronen des bindenden Elektronenpaares befinden sich nun im _____ beider Atomkerne, wodurch sie die Atome zusammenhalten/verbinden.

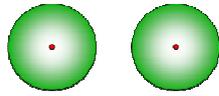
Da die beiden Elektronen nun von den zwei Atomen _____ werden, gehören sie zu beiden Atomen, wodurch beide Atome die _____ erreichen.

Fachbegriffe:

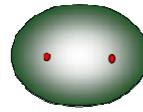
Anziehungsbereich; Elektronenpaarbindung; zwei; molekulare Verbindungen; gemeinsam genutzt; Moleküle; Bindungskugelwolke; bindendes Elektronenpaar; Edelgaskonfiguration

Beispiele:

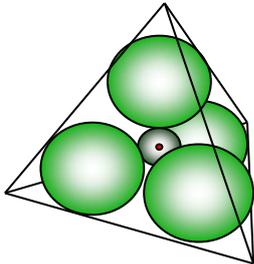
Wasserstoff-Atome



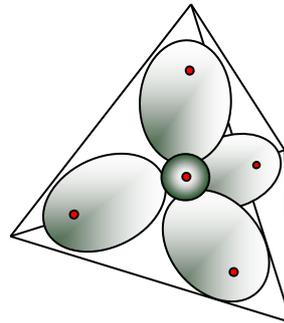
Wasserstoff-Molekül H₂



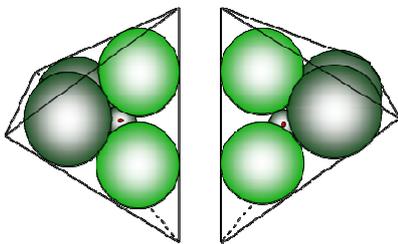
Kohlenstoff-Atom



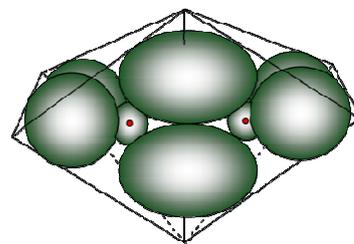
Methan



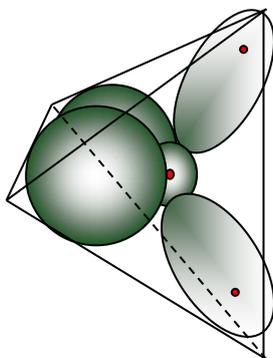
Sauerstoff-Atome



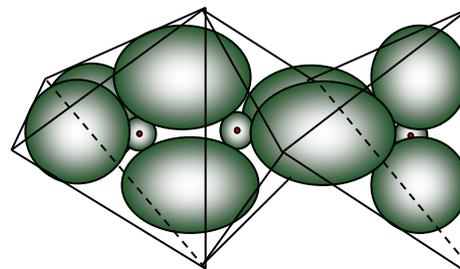
Sauerstoff-Molekül O₂



Wasser-Molekül



Kohlenstoffdioxid-Molekül



Legende: Grün sind einfach besetzte Kugelwolken, grau sind doppelt besetzte Kugelwolken

Lösung:

Elektronenpaarbindung - Darstellung von Molekülen mit dem Kugelwolkenmodell

Reagieren zwei Nichtmetalle miteinander, entstehen so genannte **molekulare Verbindungen**, die aus Molekülen aufgebaut sind.

Moleküle sind Gruppen von Atomen, in denen die Atome über Elektronenpaarbindungen (EPB) miteinander verknüpft sind.

In der Vorstellung des Kugelwolkenmodells entsteht eine **Elektronenpaarbindung**, wenn zwei einfach besetzte Kugelwolken (je eine von einem Atom) überlappen und sich eine **Bindungskugelwolke** zwischen den beiden Atomrümpfen der beiden beteiligten Atome ausbildet.

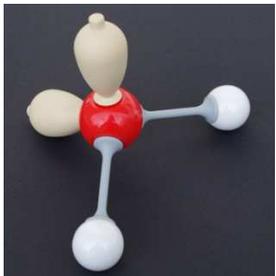
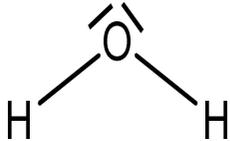
Diese Bindungskugelwolke ist dann mit **zwei** Elektronen besetzt; diese beiden Elektronen bezeichnet man zusammen als **bindendes Elektronenpaar**.

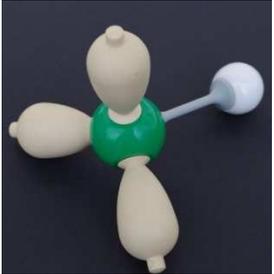
Die beiden Elektronen des bindenden Elektronenpaars befinden sich nun im **Anziehungsbereich** beider Atomkerne, wodurch sie die Atome zusammenhalten/verbinden.

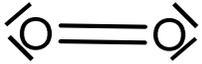
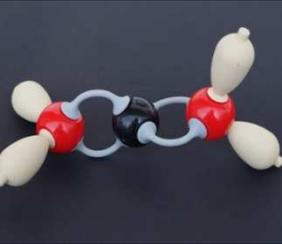
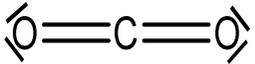
Da die beiden Elektronen nun von den zwei Atomen **gemeinsam genutzt** werden, gehören sie zu beiden Atomen, wodurch beide Atome die **Edelgaskonfiguration** erreichen können.

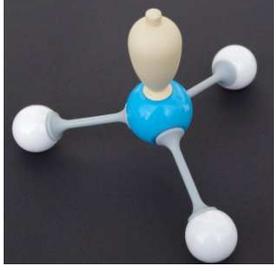
Moleküle – Formeln, Darstellungen und Anordnungen

Finde jeweils die zum gleichen Molekül gehörenden sechs Kärtchen.
Trage dann das Ergebnis in das Dir vorliegende Arbeitsblatt ein.

Name des Moleküls	Modell-darstellung	Molekül-formel	Lewis-formel	Geometrische Anordnung der Elektronen-paare	Geometrische Anordnung der Atome
Wasser		H ₂ O		tetraedrisch	gewinkelt

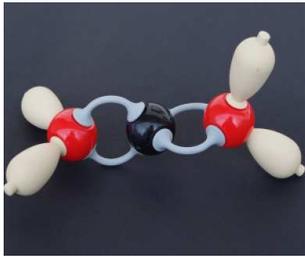
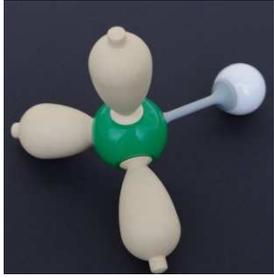
	Name des Moleküls	Modell-darstellung	Molekül-formel	Lewis-formel	Geometrische Anordnung der Elektronen-paare	Geometrische Anordnung der Atome
	Chlorwasserstoff		HCl	$\text{H} \text{---} \overset{\text{ }}{\underset{\text{ }}{\text{Cl}}}$	tetraedrisch	linear
	Name des Moleküls	Modell-darstellung	Molekül-formel	Lewis-formel	Geometrische Anordnung der Elektronen-paare	Geometrische Anordnung der Atome
	Wasserstoff		H ₂	$\text{H} \text{---} \text{H}$	linear	linear

Name des Moleküls	Modell-darstellung	Molekül-formel	Lewis-formel	Geometrische Anordnung der Elektronen-paare	Geometrische Anordnung der Atome
Sauerstoff		O ₂		trigonal-planar	linear
Kohlenstoff-dioxid		CO ₂		linear	linear

Name des Moleküls	Modell-darstellung	Molekül-formel	Lewis-formel	Geometrische Anordnung der Elektronen-paare	Geometrische Anordnung der Atome
Methan		CH ₄	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} $	tetraedrisch	tetraedrisch
Name des Moleküls	Modell-darstellung	Molekül-formel	Lewis-formel	Geometrische Anordnung der Elektronen-paare	Geometrische Anordnung der Atome
Ammoniak		NH ₃	$ \begin{array}{c} \text{N} \\ / \quad \quad \backslash \\ \text{H} \quad \quad \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} $	tetraedrisch	trigonal-pyramidal

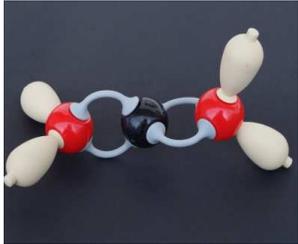
Moleküle – Formeln, Darstellungen und Anordnungen (Tabellenformat)

Name des Moleküls	Modell-darstellung	Molekülformel	Lewisformel	Geometrische Anordnung der Elektronen-paare	Geometrische Anordnung der Atome
					
					
					



Moleküle – Formeln, Darstellungen und Anordnungen (Lösung)

Name des Moleküls	Modell-darstellung	Molekülformel	Lewisformel	Geometrische Anordnung der Elektronen-paare	Geometrische Anordnung der Atome
Methan		CH ₄	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	tetraedrisch	tetraedrisch
Ammoniak		NH ₃	$\begin{array}{c} \\ \text{H}-\text{N}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	tetraedrisch	trigonal-pyramidal
Wasser		H ₂ O	$\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{O} \quad \text{H} \end{array}$	tetraedrisch	gewinkelt

Chlorwasserstoff		HCl	$\text{H}-\overset{\text{I}}{\underset{\text{I}}{\text{Cl}}}$	tetraedrisch	linear
Wasserstoff		H ₂	H—H	linear	linear
Sauerstoff		O ₂	$\text{<=>O}=\text{O}<=>$	trigonal-planar	linear
Kohlenstoffdioxid		CO ₂	$\text{<=>O}=\text{C}=\text{O}<=>$	linear	linear

Methan

Ethan

Propan

Butan

Pentan

Hexan

Heptan

Octan

Nonan

Decan

CH₄

C₂H₆

C₃H₈

C₄H₁₀

C₅H₁₂

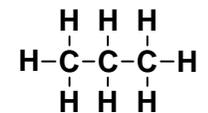
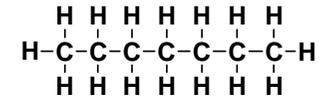
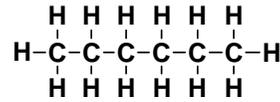
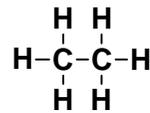
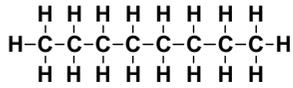
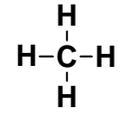
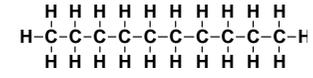
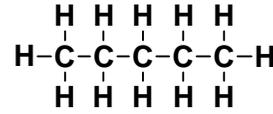
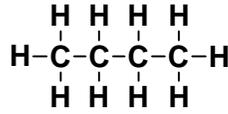
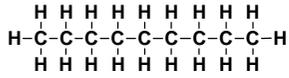
C₆H₁₄

C₇H₁₆

C₈H₁₈

C₉H₂₀

C₁₀H₂₂



Methan

Ethan

Propan

Butan

Pentan

Hexan

Heptan

Octan

Nonan

Decan

Brennstoffe im Vergleich

Heizwert	MJ/kg	kWh/kg
Erdgas	32 – 45	
Steinkohle	25-32,7	7,5-9
Waldfrisches Holz	6,8	1,9
Trockenes Holz	14,4-15,8	4-4,4
Holzpellets	18	4,9
Braunkohlebriketts	19,6	5,6
Hausmüll (im Heizkraftwerk)	9-11	1,9
Heizöl	39,5	11,0
Propan	46	
Wasserstoff	120	

Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Heizwert> (05.05.2014)

Aufgaben:

1. Mache dir die Bedeutung der Einheiten „MJ/kg“ und „kWh/kg“ klar.
2. Suche den Brennstoff mit dem niedrigsten und dem höchsten Heizwert.
3. Erkläre den Unterschied zwischen waldfrischem Holz und trockenem Holz.
4. Ein Haus hat einen Wärmebedarf von 20000 kWh im Jahr. Berechne, wie viel Holz bzw. Heizöl man zur Erzeugung dieser Energiemenge verbrennen muss.
5. Der Hausmüll aus Landau und dem Landkreis Südliche Weinstraße wird in der Müllverbrennungsanlage Pirmasens verbrannt und damit Strom und Fernwärme erzeugt. Jährlich sind dies 180000 Tonnen Müll. Berechne die Menge an Erdöl, die durch die Verwendung des Mülls als Brennstoff jährlich gespart wird.
6. Stelle dir vor, du würdest einen Hausneubau planen und nun muss die Art der Heizung bestimmt werden.
 - Welche Kriterien werden bei der Wahl eines Heizungssystems beachtet?
 - Welchen Brennstoff würdest du auswählen?

Brennstoffe im Vergleich

	Heizwert (in kJ/100g)				
Braunkohle- briketts	2000	Altfett (1) (z.B. Rapsöl)	3600	Butan (Campinggas)	4600
Hausmüll (1)	1000	Benzin (1)	4100	Methan (Hauptbestand teil Erdgas)	5000
Holz, lufttrocken	1500	Diesel Heizöl	4300	Propan (Campinggas)	4600
Holz, waldfrisch	700	Erdöl	4300	Wasserstoff	12000
Holzpellets	1800	Ethanol (Trinkalkohol)	2700		
Kohlenstoff (Graphit)	3300				
Papier	1500				
Steinkohle (1)	2900				
Paraffin (Kerzenwachs)	4500				

zusammengestellt nach: <http://de.wikipedia.org/wiki/Heizwert>

Kursiv gedruckte Werte sind Mittelwerte

Aufgaben:

- Finde eine Überschrift für die gesamte Tabelle, sowie für die drei Spalten
- Markiere dir bekannte Stoffe.
- Gib begründet an, welche Stoffe du für gute Energieträger hältst.

Lösung:

- Überschrift: Tabelle mit Heizwerten von Brennstoffen
Spalten: feste , flüssige, gasförmige Brennstoffe
- CO₂-Problematik (Treibhauseffekt) ansprechen: CO₂ entsteht bei allen fossilen Brennstoffen (die C enthalten)
- Wasserstoff hat besonders hohen Heizwert und bei der Verbrennung entsteht nur Wasser (guter Energieträger):
Problematik ansprechen: Handhabung/Gefährlichkeit des Gases

Medienberichte über Wasserstoffautos bearbeiten

Recherchiere in einem bestimmten Bericht, im Internet oder in Firmeninformationen:

1. Liste die Vorteile der beschriebenen Fahrzeuge auf, die im Text genannt werden.
2. Nenne die im Text erwähnten Probleme, die es bei dieser Technologie noch gibt und gib ganz kurz die beschriebenen Lösungsansätze wieder.
3. Fasse die im Text dargestellten Zukunftsperspektiven zusammen.
4. In wenigen Jahren wirst du vermutlich den Führerschein erwerben. Wirst du dich für ein Wasserstoff-Auto entscheiden? Begründe!
5. Erkläre die Begriffe: fossile Rohstoffe, regenerative Energie, Hydrogen, ...

mögliche Lösung:

1. Vorteile:
 - fahren geräuschlos
 - weder Benzingeruch noch Abgase
 - Schonung fossiler Ressourcen
2. Probleme:
 - Reichweite → mehr Tankstellen, andere Speicherung
 - Preis → Rolle der Steuern, verbreitete Nutzung
 - Platz → effektivere Speicherung
 - Sicherheit → doppelwandige Tanks, Wasserstoff binden
3. Zukunftsperspektiven:
 - Opel erwartete bis 2010 Verkaufsanteil von 10 %
 - ab 2003 in Kalifornien: pro Jahr 100000 Null-Emissions-Fahrzeuge
4. Argumente für eigene Entscheidung:
 - Kosten für Anschaffung und Betrieb
 - Umwelt
 - Stand der Technologie
 - Dichte des Tankstellennetzes
 - Reichweite
 - Handhabung
5. Begriffe:
 - fossile Ressourcen: Vorräte sehr alter Brennstoffe
 - Hydrogen: von Hydrogenium = Wasserstoff
 - Null-Emission = nur Wasserdampf als Abgas

AB Ein Streitgespräch über Wasserstoffautos vorbereiten

Für deine Schule soll ein Auto angeschafft werden. In der Schülervvertretung haben einige Klassensprecher vorgeschlagen, ein Wasserstoffauto zu kaufen. Andere sind strikt dagegen.

Jetzt werden die Klassen dazu befragt. Jede Klasse soll sich eine Meinung bilden und zwei Schülerinnen und Schüler jeder Klasse sollen diese Meinung in einer Versammlung vertreten.

Recherchiere mit deiner Gruppe (ca. 8 Schülerinnen und Schüler) zu Wasserstoffautos. Dann teilt ihr euch in 2 Teilgruppen, eine PRO und eine CONTRA Gruppe. Beide Teilgruppen haben eine bestimmte Zeit zur Verfügung, um ein Streitgespräch vorzubereiten. Sammelt Argumente und überlegt mögliche Reaktionen auf die Argumente der anderen Gruppe.

Dann hat jede Gruppe zwei Minuten Zeit, eine vielseitige und schlüssige Argumentation vorzutragen. Anschließend habt ihr fünf Minuten für eine Diskussion. Am Ende der Stunde stimmt die ganze Klasse ab, ob nun ein Wasserstoff-Auto gekauft werden soll oder nicht. Die Klassensprecher bestimmen die beiden Personen, die die Klasse in der Versammlung vertreten.

mögliche Argumente:

Vorteile:

- fahren geräuschlos
- weder Benzingeruch noch Abgase
- Schonung fossiler Ressourcen

Probleme und Lösungsansätze:

- Reichweite → mehr Tankstellen, andere Speicherung
- Preis → Rolle der Steuern, verbreitete Nutzung
- Platz → effektivere Speicherung
- Sicherheit → doppelwandige Tanks, Wasserstoff binden

Argumente für eigene Entscheidung:

- Kosten für Anschaffung und Betrieb
- Umwelt
- Stand der Technologie
- Dichte des Tankstellennetzes
- Reichweite
- Handhabung

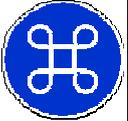
Link-Liste zu bewertungsrelevanten Fragen über Wasserstoffautos

Fachinhalt	Mögliche Fragestellungen	Quellen (Stand 03 / 2015)
Notwendige Infrastruktur	<p>Reicht die Anzahl bzw. Verteilung der derzeit existierenden Wasserstoff – Tankstellen in Deutschland aus?</p> <p>Zusatzfrage:</p> <p>Welche weiteren Informationen benötigst Du, um dies zu beurteilen?</p>	<p>Tankstellennetz:</p> <p>http://www.autobild.de/bilder/bilder-daimler-will-wasserstoff-tanken-bauen-1798199.html#bild1;</p> <p>http://www.deutschlandfunk.de/europas-groesste-wasserstofftankstelle-eroeffnet.697.de.html?dram:article_id=78980;</p> <p>Reichweite von H₂-Autos:</p> <p>http://www.aachener-zeitung.de/news/auto/toyota-verspricht-500-kilometer-reichweite-fuer-wasserstoffauto-1.648806;</p> <p>http://www.zeit.de/mobilitaet/2015-01/elektroauto-brennstoffzelle;</p> <p>Film vom ADAC – Mercedes – Fahrzeug: https://www.youtube.com/watch?v=WVxyVWr6a0</p>
Speicherung von Wasserstoff	<p>Wie muss ein Wasserstoff – Tank für das Auto aussehen? (Stabilität, Volumen)</p> <p>In welcher Form wird Wasserstoff getankt?</p> <p>Wie viel Wasserstoff kann man auf einmal tanken?</p> <p>Wie lange dauert ein Tankvorgang?</p> <p>Zusatzfrage:</p> <p>Wie sicher ist das Tanken von Wasserstoff?</p>	<p>Speicherung von Wasserstoff:</p> <p>http://www.google.de/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.zukunft-mobilitaet.net%2Fwp-content%2Fuploads%2F2014%2F08%2Fgsamte-energiebedarf-wasserstoff-elektrofahrzeug-batterie.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.zukunft-mobilitaet.net%2F77641%2Fzukunft-des-automobils%2Felektromobilitaet%2Fwie-funktioniert-ein-brennstoffzellenfahrzeug-technik-kritik-bewertung%2F&h=636&w=788&tbid=DSaZZeetwV2zsM%3A&zoom=1&docid=Ou99YD_2KiTXM&ei=3WlQVb7sPIHaPIGWgMgB&tbm=isch&iact=rc&uact=3&dur=13944&page=1&start=0&ndsp=20&ved=0CDAQrQMwBQ;</p> <p>Film zum Tanken: http://www.spiegel.de/video/auto-mit-brennstoffzelle-wie-der-wasserstoff-in-den-tank-kommt-video-1202606.html;</p> <p>ADAC – Film u.a. zum Tanken: https://www.youtube.com/watch?v=EaHgmoUn1iS;</p>

<p>Sicherheitsaspekte beim Auto / beim Tanken / Lagerung / Handhabung</p>	<p>Wie sicher ist das Tanken von Wasserstoff?</p> <p>Wie sicher ist ein Wasserstoff-Fahrzeug, wenn es mal kracht?</p>	<p>Wasserstoffspeicherung: http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstoffspeicherung; http://www.zeit.de/auto/2012-04/wasserstoff-tankstelle-sicherheit; http://www.hycar.de/sicherheit.htm;</p> <p>Tabelle: „Sicherheitsrelevante Eigenschaften verschiedener Stoffe: Schroedel: Erlebnis Naturwissenschaften. Energie, S. 63.</p> <p>ADAC – Film zur Sicherheit zum Tanken: https://www.youtube.com/watch?v=EaHgmoUn1iS;</p>
<p>Kostenaspekte</p>	<p>Wie teuer ist die Wasserstoff – Technologie für das Auto?</p> <p>Welche Kosten sind außer der Tankfüllung zu berücksichtigen?</p>	<p>Preis Wasserstoff an der Tankstelle: http://www.deutschlandfunk.de/europas-groesste-wasserstofftankstelle-eroeffnet.697.de.html?dram:article_id=78980</p> <p>Sicherheitsaspekt: http://www.kas-bmu.de/publikationen/sfk/sfk_gs_37.pdf</p>
<p>Umwelt: Debatte Wirkungsgrad / CO₂-Bilanz</p>		<p>ADAC – Film mit Angabe der Umweltproblematik etc.: https://www.youtube.com/watch?v=-VVxyVWr6a0;</p>
<p>Reichweite und Kosten des Wasserstoffs</p>	<p>Wie weit kann man mit einer Tankfüllung Wasserstoff fahren?</p>	<p>Reichweite von H₂-Autos: http://www.aachener-zeitung.de/news/auto/toyota-verspricht-500-kilometer-reichweite-fuer-wasserstoffauto-1.648806;</p> <p>http://www.zeit.de/mobilitaet/2015-01/elektroauto-brennstoffzelle;</p>
<p>Wo stehen wir in Deutschland / Europa / Japan?</p>	<p>Gibt es deutsche mit Wasserstoff betriebene Autos?</p> <p>Seit wann gibt es in Deutschland Fahrzeuge, die mit Wasserstoff betrieben werden?</p> <p>Gibt es serienreife Fahrzeuge?</p>	<p>Brennstoffzellen – Kfz von Mercedes – Benz: https://www.youtube.com/watch?v=-VVxyVWr6a0;</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=EaHgmoUn1iS;</p> <p>Toyota – Fahrzeug mit Serienreife: http://www.welt.de/motor/modelle/article134592358/Toyota-bringt-erstes-Wasserstoffauto-in-den-Handel.html;</p>

<p>Brennwerttabelle n</p>	<p>Welcher Kraftstoff (Energieträger) ist eigentlich „besser“: Wasserstoff oder Benzin?</p> <p>Wie viel „Power“ steckt im Wasserstoff?</p>	<p>Brennwerttabelle verschiedener Energieträger: http://www.google.de/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.hho-generator.de%2Fvergleich-wasserstoff%2Fwasserstoff-vergleichswerte.JPG&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.hho-generator.de%2Fvergleich-wasserstoff%2Fwasserstoff-heizwert-vergleich.htm&h=445&w=800&tbnid=k0lWKWzgDzDnuM%3A&zoom=1&docid=6ouO3lg7awNWbM&ei=1VgRVbL2Llr3PlqPgNgE&tbm=isch&iact=c&uact=3&dur=306&page=1&start=0&ndsp=16&ved=0CCEQrQMwAA</p>
-------------------------------	--	---

Bestimmung des Heizwertes von Kerzenwachs (Dosenkalorimeter)

DGUV SR 2003							Weitere Maßnahmen: Text:
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Geräte:

Waage, Messzylinder, leere Getränkedose, Multimessgerät mit Temperaturfühler oder Thermometer, Teelicht, Stativ und Stativklammer, Wasser

Versuchsdurchführung

- Wiege das Teelicht.
- Gib in die Dose 150 ml Wasser.
- Befestige die Dose mit einer Stativklammer, so dass der Abstand zur Kerzenflamme so klein ist, dass die Flamme noch nicht erlischt.
- Tauche den Temperaturfühler/das Thermometer in die Dose und rühre vorsichtig. Notiere diese Temperatur als Starttemperatur und miss nun 3 Minuten lang alle 30 Sekunden.
- Entzünde die Kerze nach 2 Minuten 55 Sekunden und stelle sie unter die Dose, nachdem die Temperatur nach 3 Minuten abgelesen wurde.
- Lösche die Flamme, wenn die Temperatur um ca. 6° C gestiegen ist. Lass die Kerze auskühlen und wiege sie erneut.
- Miss die Temperatur noch 4 Minuten über den Zeitpunkt des Löschens der Kerze hinaus alle 30 Sekunden.

Entsorgung: Ausguss

Aufgaben: (für Schüler)

- Notiere alle Messwerte in einer Tabelle (Zwei Spalten: Zeit in Sekunden oder Minuten, Temperatur in °C).
- Erstelle aus den Messdaten ein x-y-Diagramm (mindestens eine halbe DIN-A4-Seite groß; X-Achse Zeit in Einheit Sekunden, Y-Achse Temperatur in Einheit °C, Temperaturbereich von 20 – 30 °C).
- Bestimme aus dem Diagramm die Temperaturdifferenz zwischen Anfangs- und maximaler Temperatur des Wassers.
- Stelle die Energieumwandlung in einem Schema dar. Wo „steckt“ die bei der Verbrennung frei werdende Wärme?

Hinweis: es gibt eine Umwandlung der Energie von einer Form in die andere und außerdem eine Übertragung der Energie von einem Medium auf ein anderes.

Varianten des Versuchs:

Die Versuchsanleitung ist hier geschlossen dargestellt und leitet die Schülerinnen und Schüler sehr eng.

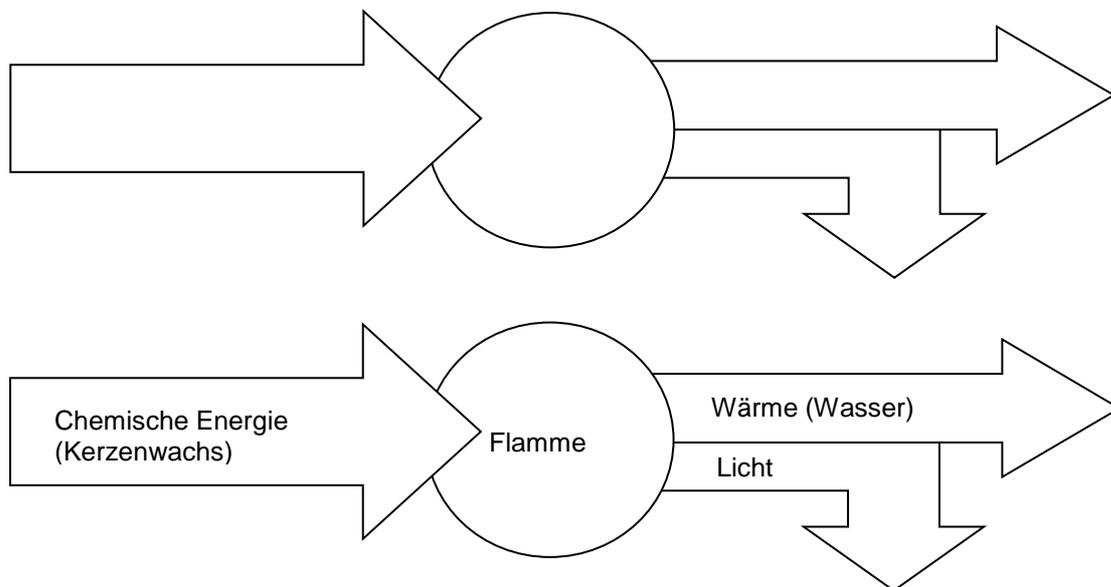
Der Versuch kann im Vorfeld auch mit der Klasse im Unterrichtsgespräch erarbeitet werden. Dabei muss den Schülerinnen und Schülern klar werden, dass die Wärme, die bei der Reaktion entsteht, im Wasser der Dose gespeichert wird. Eine Versuchsanleitung wird auf der Grundlage des Unterrichtsgesprächs dann gemeinsam entwickelt.

Mit den Schülerinnen und Schülern wird die Fragestellung des Versuches besprochen und dann eine Kiste mit den zur Verfügung gestellten Materialien ausgeteilt. Auf dieser Grundlage ist ein eigener Versuchsaufbau zu erstellen.

Anstelle der Aufnahme einer Temperaturkurve wird nur die Temperaturdifferenz zwischen Anfangs- und Endtemperatur ermittelt.

Die Temperaturkurve wird mit einem Messwerterfassungssystem aufgenommen und daraus die Temperaturdifferenz bestimmt.

Darstellung der Energiewandlung mit Hilfe folgenden Schemas:



Mögliche vertiefende Arbeitsaufträge: (für Schüler)

- Überlege gemeinsam mit deinen Mitschülern, welchen Einfluss die Veränderung der Wassermenge in der Dose auf das Versuchsergebnis hat.
- Die bei der Reaktion frei werdende Wärmemenge soll berechnet werden. Überlege, zu welchen Größen sie proportional ist.
- Die mit diesem Versuchsaufbau ermittelten Werte für die bei der Verbrennung frei werdende Menge sind meistens kleiner als der theoretische Wert. Entwickle Verbesserungsmöglichkeiten im Versuchsaufbau, die eine genauere Bestimmung ermöglichen.
- Erkläre, welchen Einfluss das Rußen auf die ermittelten Werte hat.

Lehrerinformationen

Didaktische Hinweise:

Der Versuch ermöglicht den Schülerinnen und Schülern, die bei einer Verbrennung frei werdende Menge nicht nur qualitativ, sondern in bestimmten Grenzen auch quantitativ zu erfahren. Dabei wird der Fachbegriff „Brennwert“ aufgegriffen und die Kompetenz „Die Schülerinnen und Schülern werten Brennwerttabellen aus und schließen auf die Eignung der betrachteten Stoffe als Brennstoff.“ entwickelt.

Bei der Besprechung des Versuches ist herauszuarbeiten:

- Das Kerzenwachs verbrennt. Dabei handelt es sich um eine chemische Reaktion, bei der Wärme frei wird, weil chemische Energie in Wärmeenergie umgewandelt wird.
- Die frei werdende Wärme wird von der Dose und dem darin enthaltenen Wasser aufgenommen, wodurch sich dieses erwärmt.
- Die Wärmemenge ist proportional zum Temperaturanstieg.
- Um die Bedeutung der Wassermenge zu diskutieren, können verschiedene Gruppen mit unterschiedlichen Wassermengen arbeiten. Dabei ist festzustellen, dass die Zeit bis zum Erreichen eines bestimmten Temperaturanstiegs unterschiedlich ist. Im Unterricht muss dann geklärt werden, dass die Zeit hier aber die falsche Größe ist und es eigentlich um die Wärmemenge geht, die bei der Verbrennung frei wird. Diese ist bei länger brennender Kerze natürlich größer und bei konstanter Flamme proportional zur Brenndauer.
- Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass die Wärmemenge, die in dem Wasser gespeichert ist, auch von der Wassermenge abhängt. Dies kann durch Bezug auf einen Wasserkocher verdeutlicht werden: wenn dieser vollständig gefüllt ist, dauert das Erhitzen länger als bei nur geringer Füllung. Die Energiemenge, die vom Wasser aufgenommen wird, ist also abhängig von der Menge des Wassers.
- Der letzte Faktor, der die Wärmemenge bestimmt, ist die spezifische Wärmekapazität des Wassers: dies ist eine stoffspezifische Größe und sollte den Schülerinnen und Schülern als Stoffeigenschaft erläutert werden. Sie ist ein Maß dafür, wie gut der Stoff Wärme speichern kann“. Für diese Stoffeigenschaft gibt es Tabellenwerte, wobei ein höherer Wert bedeutet, dass der Stoff bei gleicher Masse mehr Wärme speichern kann.
- Zur quantitativen Auswertung verwendet man folgende Formel:

$$Q = c_p \cdot m(\text{Wasser}) \cdot \Delta T$$

Q = Wärmemenge in J

m (Wasser) = Wassermasse in der Dose

$\Delta T = T_2 - T_1$ = Temperaturanstieg

- Möchte man den Einsatz der Formel vermeiden, so kann man auch über eine Dreisatzrechnung und die Definition des Joule eine Berechnung vornehmen:
4,2 Joule sind die Wärmemenge, die benötigt wird, um 1 g Wasser um 1°C zu erwärmen.
- Mögliche Definition Heizwert:
Der Heizwert ist die maximal nutzbare Wärmeenergiemenge, die bei der Verbrennung eines Stoffes frei wird. Sie wird in der Einheit MJ/kg angegeben.

Fachliche Bemerkung:

In diesem Versuch wird der **Heizwert** bestimmt. Dies entspricht der frei werdenden Wärmemenge, wenn das bei der Verbrennung entstehende Wasser gasförmig ist. Der **Brennwert** entspricht der Wärmemenge bei Entstehung flüssigen Wassers und wird z. B. auf Lebensmitteln bei den Nährwertangaben verwendet, die unter physiologischen Bedingungen erfolgen. Der Heizwert hingegen ist eine Größe, die eher beim Vergleich von Brennstoffen z. B. zum Heizen von Gebäuden verwendet wird.

Siehe dazu auch: <http://de.wikipedia.org/wiki/Heizwert> (24.09.2014)

Der Heizwert für Kerzenwachs beträgt je nach Art des Materials ca. 36-40 kJ, die im Versuch ermittelten Werte hingegen sind z. T. deutlich zu niedrig sind. In der sich anschließenden Diskussion kann erarbeitet werden, welche Fehler dafür ursächlich sind:

- Die Kerze ist zu weit von der Dose entfernt und nur ein Teil der Verbrennungswärme wird von der Dose aufgenommen.
- Die Dose verliert Wärme an die Umgebung.
- Das Metall der Dose bleibt unberücksichtigt (Dieser Fehler wird entsprechend größer, wenn anstelle der Metaldose ein Becherglas verwendet wird, welches deutlich schwerer ist.)
- Ablesefehler, Wägefehler

Schülerinnen und Schülern erfahren an dieser Stelle, dass eine Fehlerbetrachtung zur Durchführung eines chemischen Experiments gehört. Verbesserungen können diskutiert (geringerer Abstand, Windschutz, ...) und ein „richtiges“ Verbrennungskalorimeter anschließend demonstriert werden.

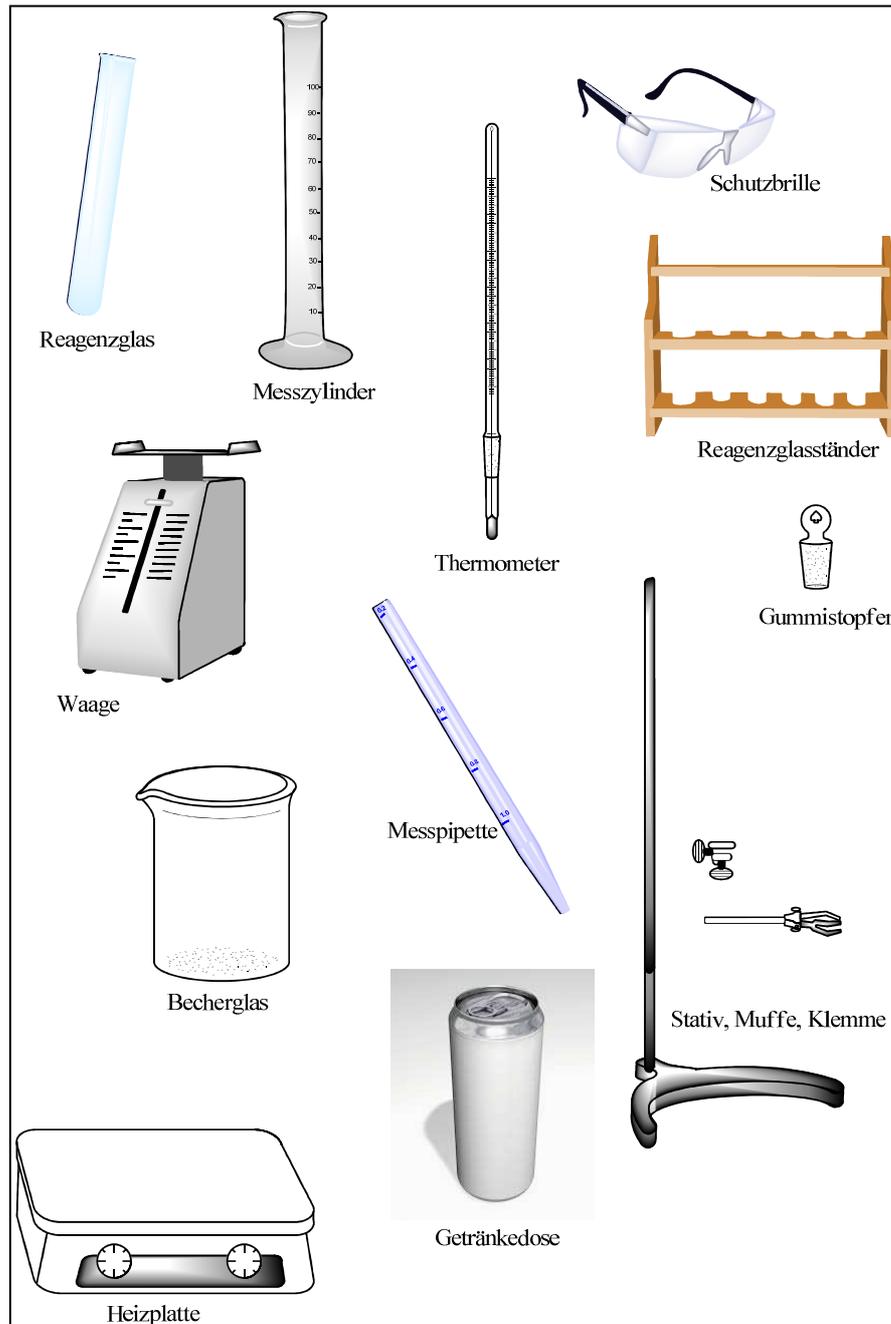
Wie viel Energie liefert eine Verbrennungsreaktion?

Plant einen Versuch, mit dem man quantitativ messen kann, wie viel Energie bei der Verbrennung einer Kerze frei wird.

Als Hilfe dienen euch die Materialbox, die allerdings auch unnötige Materialien enthält, sowie die Infobox.

Fertigt eine Skizze vom Versuchsaufbau in eurem Heft an. Schreibt eine Versuchsdurchführung (welche Arbeitsschritte im Verlauf des Versuchs nötig sind).

Materialbox:



Infobox:

Stoffe können Wärmeenergie aus ihrer Umgebung aufnehmen, dabei steigt ihre Temperatur an. Die Wärmeenergie wird von den Stoffen gespeichert oder wieder an ihre Umgebung abgegeben. Dies gilt für feste, flüssige und gasförmige Stoffe.

Wie gut ein Stoff Wärmeenergie speichern kann hängt von seinem „c-Wert“ (spezifische Wärmekapazität) ab. Je größer der „c-Wert“ ist, desto besser speichert der Stoff Wärmeenergie. Die vom Stoff aufgenommene Wärmeenergie E_Q kann mit folgender Formel berechnet werden:

$$E_Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

E_Q wird in J oder kJ (Kilojoule) angegeben

c ist eine Stoffkonstante (siehe unten)

m die Masse des Stoffs, der die Wärmeenergie aufnimmt

ΔT ist die Temperaturänderung, die sich für den Stoff aus der Differenz seiner End- und Anfangstemperatur ergibt.

Beispiele für c-Werte:

$$\text{Wasser: } c_W = 4,19 \frac{J}{gK}$$

$$\text{Metall/Aluminium: } c_{Al} = 0,896 \frac{J}{gK}$$

$$\text{Glas: } c_G = 1,05 \frac{J}{gK}$$

$$\text{Luft: } c_L = 1,005 \frac{J}{gK}$$

Hilfen:

Überlegt zunächst, welcher Stoff besonders geeignet ist, um die von der Kerze abgegebene Wärmeenergie aufzunehmen.

Überlegt euch, welchen Einfluss die Brenndauer der Kerze auf euer Versuchsergebnis hat. Wie könnt ihr herausfinden, wie stark die Kerze „abgebrannt“ ist?

Betrachtet die Formel zur Berechnung der Wärmeenergie genau: Überlegt, welche Größen ihr messen müsst, damit ihr auch die abgegebene Wärme berechnen könnt.

Beachte: die Kerze sollte nicht rußen, der Abstand zur Metalldose aber möglichst gering sein: ca. 2 cm

Mögliche Ergebnisse:

Werte aus dem Versuch:

Masse Teelicht vorher: _____

Masse Teelicht nachher (3 min Brenndauer): _____

Differenz (Masse verbranntes Wachs): **ca. 0,1-0,2 g**

Masse Wasser in Aluminiumdose: **50-70 g**

Anfangstemperatur Wasser: _____

Endtemperatur Wasser: _____

Temperaturdifferenz: **ca. 20-30 K**

Heizwert (entstehendes Wasser ist gasförmig):

$$\frac{E_Q}{m_{Wachs}} = \text{ca. } 30\,000 \text{ J/g}$$

(Literaturwert: 45 000 J/g)

Teil 2 – Chemie

Ein Erdgasauto fahren? Kohlenwasserstoffe fächerübergreifend und aktuell unterrichten

1 Warum kontextorientierter Chemieunterricht – warum Erdgas?

Internationale Studien belegen die Stärken und Schwächen des derzeitigen naturwissenschaftlichen Unterrichts in Deutschland. Unser Unterricht ist stark in der Vermittlung der systematischen Wissensstruktur des Faches und der Vermittlung der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen sowie dem Lehren der Handhabung begrifflicher und formaler Techniken.

Unter naturwissenschaftlicher Grundbildung wird die Fähigkeit verstanden, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, die die natürliche Welt und die Veränderungen durch den Menschen betreffen. (Scientific Literacy ,...)

In Bezug auf die in den Bildungsstandards geforderten Kompetenzen ist der gegenwärtige Unterricht stark in der Vermittlung der Kompetenzen Fachwissen und Erkenntnismethoden, aber noch schwach in der Vermittlung der Kompetenzen Kommunikation und Bewerten (Vgl. [1]).

Zu kurz kommen eindeutig das argumentative Bewerten und Begründen, das adressatengerechte Verbalisieren, das selbständige Erschließen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und der Verwertungsaspekt des naturwissenschaftlichen Wissens (Vgl. [1]).

Eine Stärkung des Unterrichts in dieser Aufgabe kann durch die Einbettung der Fachthemen in Kontexte erfolgen.

Schülerinnen und Schüler verfügen über ganzheitliche Erfahrungen aus dem Alltag. Die daraus erwachsenden naturwissenschaftlichen Fragestellungen können für den Wissenserwerb und die Entwicklung von Kompetenzen genutzt werden.

Dem Lernenden wird der Bezug zwischen der Fachsystematik auf der einen Seite und dem Nutzen des erworbenen Wissens auf der anderen Seite aufgezeigt.

Am Beispiel „Erdgas“ soll hier ein Themenbereich angesprochen werden, der seit einigen Jahren verstärkt in der aktuellen Diskussion eine immer größere Rolle spielt: Die Energieversorgung mit Hilfe von fossilen Brennstoffen.

Ein Teilaspekt dabei ist die Nutzung des Erdgases und anderer alternativer Brennstoffe als Autokraftstoff.

Die Schülerinnen und Schüler haben am Ende ihrer Schulzeit der Sekundarstufe I, wo derzeit der Einstieg in die organische Chemie erfolgt, eine Menge Alltagserfahrungen zum Thema „Energieversorgung“, aber keinen Bezug zur Fachsystematik der Kohlenstoffchemie.

Bei der Fokussierung auf den Aspekt der Kraftstoffe beim Auto ist eine Verknüpfung zum täglichen Leben (kognitive Dimension) gegeben.

Dabei entwickeln die Lernenden bei der konkreten Auseinandersetzung ihre Kompetenzen in den Bereichen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung, indem sie Fragestel-

lungen erkennen und Lösungsstrategien erarbeiten, die sie zum Verständnis der Alltagserfahrung benötigen.

Bei der Lösung der gemeinsamen Fragen erweitern sie ihr Fachwissen. So können die Behandlung „schülerferner“ Begrifflichkeiten wie homologe Reihe, chemische Bindung oder Strukturformeln der Kohlenwasserstoffe in eine alltagsrelevante Bedeutung gestellt werden.

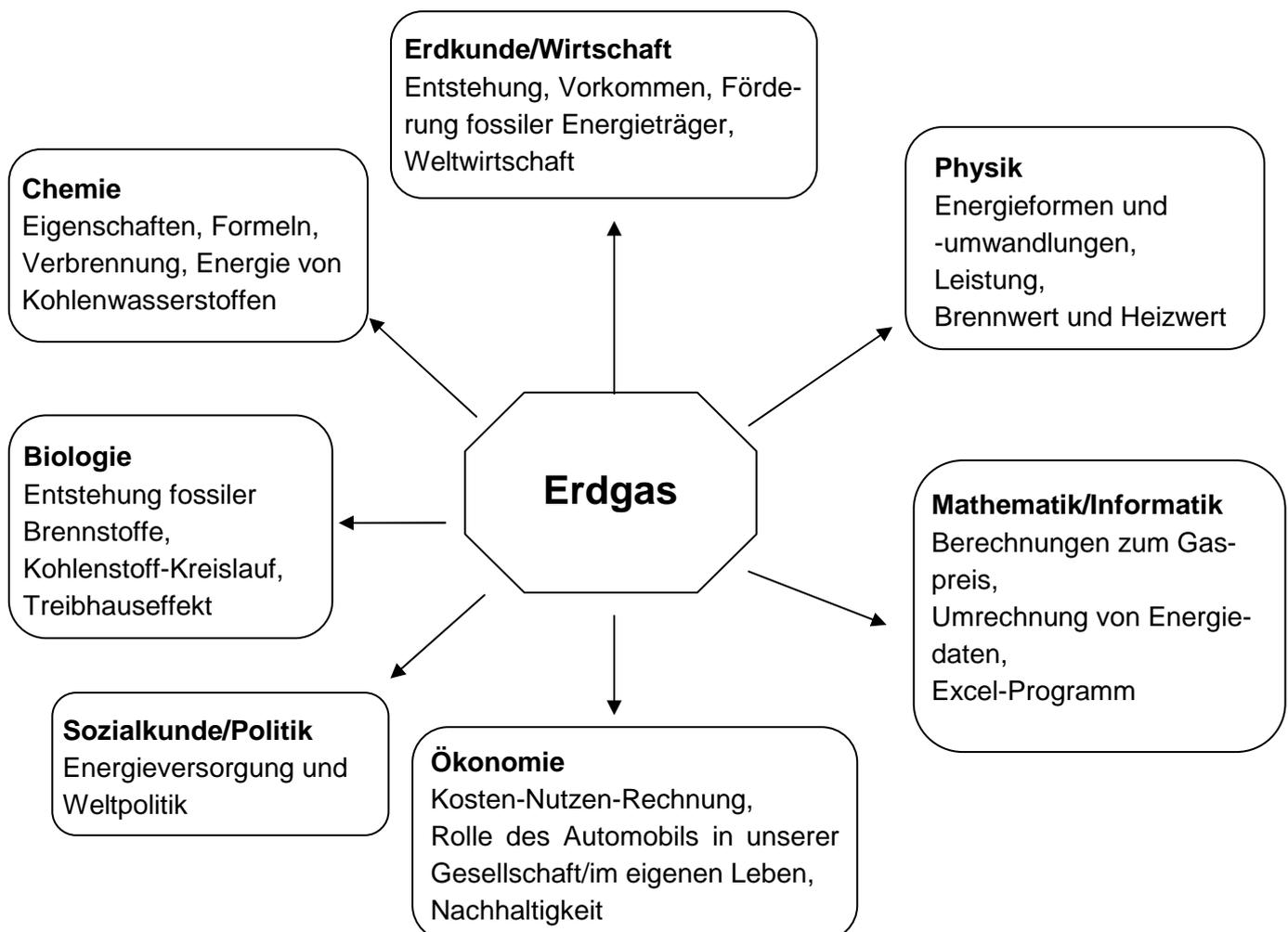
Die Lernenden erarbeiten selbsttätig verschiedene Möglichkeiten der Kraftstoffversorgung eines Autos. Dazu recherchieren sie, welche verschiedenen Möglichkeiten eines gasbetriebenen Autos bestehen und vergleichen sie.

Neben ökologischen und ökonomischen Aspekten erschließen sich hierbei den Schülerinnen und Schülern die Aspekte der chemischen Reaktion bei der Verbrennung von Kraftstoff, der Energieumwandlungsprozesse und des Aufbaus einfacher Kohlenwasserstoffe.

Der ökologische Aspekt wird auch unter dem Fokus des Einsatzes von alternativen, nachwachsenden Energieträgern diskutiert.

Das Material ist so konzipiert, dass es fachspezifisch im Chemieunterricht bei der Behandlung der homologen Reihe der Alkane eingesetzt werden kann. Hierbei entstehen zahlreiche Anknüpfungspunkte an den weiterführenden Unterricht, z. B. der Erdölgewinnung und -verarbeitung, der Behandlung von herkömmlichen Flüssigkraftstoffen u. a.

Es soll an dieser Unterrichtsreihe aber auch aufgezeigt werden, dass sich im Rahmen dieses Themas vielfache Kooperationen mit anderen Fächern geradezu anbieten.



2 Der Einsatz des Kontextes im Unterricht

In den Bildungsstandards (KMK, Bildungsstandards im Fach Chemie, S. 7, 2005) werden die Kompetenzbereiche für das Fach Chemie angegeben:

Kompetenzbereiche im Fach Chemie	
Fachwissen	chemische Phänomene, Begriffe, Gesetzmäßigkeiten kennen und Basiskonzepten zuordnen
Erkenntnisgewinnung	experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen
Kommunikation	Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen
Bewertung	chemische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten

In dem vorliegenden Material werden die einzelnen Unterrichtsvorschläge hinsichtlich der angesprochenen Kompetenzen kommentiert.

Sie konzentrieren sich neben den Fachinhalten auf die Handlungsdimensionen in den Bereichen Erkenntnisgewinnung (experimentelles und theoretisches Arbeiten), Kommunikation (gemeinsames Erschließen und Verarbeiten von Informationen) und Bewertung (Anwendung im gesellschaftlichen Zusammenhang).

Vorschlag für die Unterrichtsgestaltung

Zu Beginn des Themengebietes „Organische Chemie“ werden in allen Schularten meist die kettenförmigen Kohlenwasserstoffe stehen. Das hier angebotene Material soll den fachsystematischen Teil nicht ersetzen, sondern ergänzen. Dabei können einzelne Teile herausgenommen werden oder das Thema „gasbetriebene Autos“ kann den Unterricht systematisch begleiten.

2.1 Ein gasbetriebenes Auto – Alternative zu Benzin und Diesel?

Kompetenzen	Die Schülerinnen und Schüler...
Fachwissen	Stoff-Teilchen-Beziehungen/Struktur-Eigenschafts-Beziehungen
F 1.1	... nennen und beschreiben Erdgas und Autogas als bedeutsame Stoffe mit ihren typischen Eigenschaften
F 2.3	... schließen über Eigenschaften von Erdgas und Autogas auf ihre Verwendungsmöglichkeiten sowie Vor- und Nachteile
Erkenntnisgewinnung	
E 1	... erkennen und entwickeln Fragestellungen zum Thema gasbetriebene Kraftfahrzeuge, die mit chemischen Kenntnissen und Untersuchungen gelöst werden können
E 6	... erheben bei ihrer Recherche relevante Daten, verarbeiten diese und ziehen geeignete Schlussfolgerungen

Kommunikation	
K1	... recherchieren im Internet oder in Textmaterial zu dem Sachverhalt
K2	... wählen themenbezogene Aussagen aus und leiten fachliche Fragen ab

Am Ende dieses Einstiegs sollen die Argumente, die für die Anschaffung eines gasbetriebenen Autos herangezogen werden sowie die von den Herstellern verwendeten Argumente, die für oder gegen die jeweils eigene Kraftstoffart (Erdgas bzw. Flüssiggas) sprechen, bekannt sein.

2.2 Verbrennungsprodukte bei fossilen Brennstoffen

Kompetenzen	Die Schülerinnen und Schüler...
Fachwissen	Chemische Reaktion/Energetische Betrachtungen bei Stoffumwandlungen
F 3.1	... beschreiben die Stoffumwandlung von Erdgas bei seiner Verbrennung (Oxidation)
F 4.1	... geben an, dass sich der Energiegehalt des Reaktionssystems durch Austausch mit der Umgebung ändert (Abgabe von Wärmeenergie)
F 4.2	... führen die energetische Erscheinung (Wärme) auf die Umwandlung eines Teils der in dem Stoff Erdgas gespeicherten Energie zurück
Erkenntnisgewinnung	
E 2	... stellen Hypothesen auf und planen Experimente zur Überprüfung dieser Hypothesen
E 3	... führen qualitative Experimente und Untersuchungen durch, protokollieren sie und werten diese aus
Kommunikation	
K 6	... protokollieren den Verlauf und die Ergebnisse des Experiments in angemessener Form
K 4	... beschreiben und erklären chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache
K 10	... planen, strukturieren und präsentieren ihre Arbeit als Team

Der Nachweis von Kohlenstoffdioxid und Wasser als Verbrennungsprodukte kann als geschlossene oder offene Aufgabenstellung erfolgen.

Die Zusatzaufgabe zum Kohlenstoffdioxidausstoß verschiedener Fahrzeugtypen schafft einen Bezug zur aktuellen Diskussion.

2.3 Fossile Brennstoffe – Kohlenwasserstoffe

Kompetenzen	Die Schülerinnen und Schüler...
Fachwissen	Stoff-Teilchen-Beziehungen
F 1.1	... nennen und beschreiben die Alkane Methan, Propan und Butan und ihre typischen Eigenschaften
F 1.5	... erkennen die Vielfalt der Alkane auf der Basis unterschiedlicher Kombination und Anordnung von Teilchen
F 1.2	... beschreiben modellhaft den Aufbau der Alkane (Strukturformeln)
Erkenntnisgewinnung	
E 6	... erkennen in recherchierten Daten (Anzahl der Kohlenstoffatome, Dichte, Schmelz- und Siedepunkt, Brennwert) Trends und Beziehungen und ziehen geeignete Schlussfolgerungen
E 7	... nutzen Modelle, um chemische Fragestellungen zu bearbeiten (Struktur der Alkane)
Kommunikation	
K1/2	... recherchieren zu den Alkanen in unterschiedlichen Quellen und wählen themenbezogene Informationen aus
K4	... beschreiben und erklären chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache, von Modellen und anderen Darstellungen

Anhand von Arbeitsblättern, Molekülmodellen, Lehrbuch und ggf. Internet werden die ersten Vertreter der homologen Reihe der Alkane mit Bezug zum Thema „gasbetriebene Autos“ eingeführt. Bemerkung: Die Aufgaben 2.2 und 2.3 können auch in der Reihenfolge getauscht werden.

Daraus ergibt sich die Möglichkeit, die Verbrennungsgleichungen in Formelschreibweise zu erarbeiten. Der forschende Aspekt: „Welche chemischen Elemente enthält Erdgas?“ entfällt dann allerdings beim Experiment.

2.4 Ein Auto mit Erdgas oder Autogas?

Kompetenzen	Die Schülerinnen und Schüler...
Fachwissen	Stoff-Teilchen-Beziehungen
F 1.1	... nennen und beschreiben bedeutsame Stoffe (Erdgas, Autogas)
Erkenntnisgewinnung	
E 6	... finden in recherchierten Daten Trends und Beziehungen und ziehen geeignete Schlussfolgerungen
Kommunikation	
K 1/2	... recherchieren zu Vor- und Nachteilen von erdgas- und flüssiggasbetriebenen Autos in verschiedenen Quellen und wählen themenbezogene Informationen aus

K 3	... beschreiben und erklären chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache
K 5	... stellen Zusammenhänge zwischen chemischen Sachverhalten und Alltag her
K 8	... argumentieren fachlich korrekt und folgerichtig
K 10	... planen, strukturieren, dokumentieren und präsentieren ihre Arbeit adressatenbezogen (Podiumsdiskussion, Plakate)
Bewertung	
B 1	... stellen Anwendungsfelder (Autoindustrie) vor, in denen chemische Kenntnisse (Verfügbarkeit und Eigenschaften von Kraftstoffen) bedeutsam sind
B 3	... nutzen fachtypische (Eigenschaften von Alkanen) und vernetzte (Kraftstoffpreise, fossile Rohstoffe) Kenntnisse, um lebenspraktisch bedeutsame Zusammenhänge zu erschließen (Kauf eines Autos)

An dieser Stelle sind die Schülerinnen und Schüler in der Lage, ihr bisher erworbenes Wissen für oder gegen erdgas- oder flüssiggasbetriebene Autos in eine Podiumsdiskussion einzubringen und abzuwägen.

Bemerkung: Die Aufgaben 2.1 und 2.4 können auch aus dem Unterrichtsvorschlag herausgelöst den herkömmlichen Unterricht zur homologen Reihe der Alkane ergänzen.

2.5 Biotreibstoffe

Kompetenzen	Die Schülerinnen und Schüler...
Fachwissen	Stoff-Teilchen-Beziehungen
F 1.1	... nennen und beschreiben bedeutsame Stoffe (Biogas)
Erkenntnisgewinnung	
E 8	... zeigen exemplarisch Verknüpfungen zwischen gesellschaftlichen Entwicklungen (Verkehrsaufkommen) und Erkenntnissen der Chemie (Verbrennungsreaktionen in Autos) auf
Kommunikation	
K 1/2	... recherchieren zu umweltverträglichen Treibstoffen in verschiedenen Quellen und wählen themenbezogene Informationen aus
K 3	... beschreiben und erklären chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache (Kohlenstoffdioxidbilanz bei Biokraftstoffen)
K 8	... argumentieren fachlich korrekt und folgerichtig
K 10	... planen, strukturieren, dokumentieren und präsentieren ihre Arbeit adressatenbezogen (Referate, Plakate)

Bewertung	
B 2	... erkennen Fragestellungen, die enge Bezüge zu anderen Unterrichtsfächern aufweisen (Biologie)
B 3	... nutzen fachtypische (Brennstoffe, Luftschadstoffe) und vernetzte (fossile Brennstoffe, nachwachsende Brennstoffe, CO ₂ -Kreislauf, Treibhauseffekt) Kenntnisse, um lebenspraktisch bedeutsame Zusammenhänge zu erschließen (Schutz der Umwelt)
B 5	... vergleichen und bewerten technische Lösungen unter Berücksichtigung naturwissenschaftlicher, ökonomischer, sozialer und ökologischer Aspekte

In der aktuellen Diskussion werden Treibstoffe immer im Zusammenhang mit Klima- und Umweltschutz genannt. Deshalb werden bei der Behandlung dieses Themas von den Schülerinnen und Schülern Beiträge zu Biotreibstoffen kommen. Dieser Aspekt sollte im Sinne einer nachhaltigen Bildung und Erziehung berücksichtigt werden.

Es empfiehlt sich, bei einer vertiefenden Behandlung dieses Aspekts ausreichend Zeit einzuplanen. Es ist schwierig, die Vielzahl der Biotreibstoffe in kurzer Zeit umfassend und objektiv zu erörtern.

2.6 Historisches

Kompetenzen	Die Schülerinnen und Schüler...
Fachwissen	Stoff-Teilchen-Beziehungen
F 1.1	... nennen und beschreiben bedeutsame Stoffe (Holzgas)
Kommunikation	
K 1/2	... recherchieren zu Holzgas in der angegebenen Quelle und wählen themenbezogene Informationen aus
K 3	... beschreiben und erklären den chemischen Sachverhalt unter Verwendung der Fachsprache
Bewertung	
B 5	... diskutieren und bewerten den Treibstoff Holzgas aus naturwissenschaftlicher, ökologischer, historischer Sicht

Lohnend ist ein Abstecher in die Geschichte gasbetriebener Autos. Hier empfiehlt es sich, die Schülerinnen und Schüler auswertend auf einen Vergleich der Treibstoffe Holzgas und Erdgas zu lenken.

Ergänzungen:

Im Anschluss an die Materialien befinden sich Angebote zur Überprüfung. Schülerinnen und Schüler können hier selbständig ihre erworbenen Kenntnisse anwenden.

Bemerkungen:

In dem vorliegenden Unterrichtsvorschlag wird zugunsten einer Behandlung von Struktur und Eigenschaften der Alkane bewusst auf tiefergehende Betrachtungen zum Energiewert der Treibstoffe verzichtet.

Die Schülerinnen und Schüler verfügen in der Sekundarstufe I in der Regel noch nicht über Kenntnisse zur Bindungsenergie von Stoffen. So können Fragen wie: „Weshalb haben Brennstoffe unterschiedliche Anteile an Energie gespeichert?“ nicht beantwortet werden.

Trotzdem werden sie bei ihren Recherchen auf Begriffe wie Heizwert und Brennwert stoßen.

Für leistungsstarke Lerngruppen sei deshalb hier auf ein Lehrbuch verwiesen, das in knapper Form Antworten dazu anbietet: „Chemie im Kontext“, Cornelsen, 2006, S. 56-57 und S. 412.

In diesem Vorschlag wird auch auf eine fächerverbindende Behandlung des Otto-Motors verzichtet. Im Physikunterricht der Sek. I wird das Funktionsprinzip eines Otto-Motors in der Regel ausführlich behandelt und es empfiehlt sich, den Unterricht parallel zu organisieren. Daraus können Ergänzungen und festigende Wiederholungen, ggf. ein Schülerreferat, resultieren. Der Erdgasmotor: Erdgas verbrennt ottomotorisch und kommt deshalb im gleichen Motor wie Benzin zum Einsatz. Erforderlich ist lediglich eine (andere oder zusätzliche) elektronisch gesteuerte Einblasmöglichkeit des Gas-Luft-Gemischs in die Zylinder.

3 Materialien

M1a

F	E	K	B
----------	----------	----------	----------

Auf den Straßen Deutschlands und Mitteleuropas fahren zunehmend Autos mit gasförmigem Treibstoff. Gasbetriebene Autos werden u. a. auch in Deutschland steuerlich begünstigt.

Recherchiert im Internet unter folgenden Links (alternativ: Lest folgende Texte)! Prüft die Quellen auf ihre Absicht, den Leser in seinem Kaufverhalten zu beeinflussen!

Erkundigt euch nach dem Standort einer solchen Tankstelle in der Nähe und sammelt Informationen! Stellt eure Informationen übersichtlich zusammen!

Internetlinks:

<http://www.autogastanken.de>

<http://erdgasfahrzeuge.de>

<http://www.gas-tankstellen.de>

<http://www.wikipedia.erdgasfahrzeuge>

<http://www.tanke-erdgas.de>

Lesetexte:

Luftschadstoffe durch Kraftfahrzeuge mit Gasantrieb

Eine dringende umweltpolitische Herausforderung der Verkehrspolitik ist neben der Einhaltung der EU-Luftqualitätsziele und der Lärminderung die globale Kohlenstoffdioxid-Minderung. Von allen fossilen Energieträgern weist Erdgas bei der Verbrennung die günstigste Kohlenstoffdioxid-Bilanz auf. Dieselfahrzeuge tragen zur Belastung der Luft durch Rußpartikel bei (Feinstaub gilt als gesundheitsbeeinträchtigend). Der Ausstoß von Rußpartikeln wird bei Erdgasfahrzeugen fast vollständig vermieden. Durch ein geschlossenes System entfallen außerdem Emissionen bei der Betankung.

Erdgas besteht hauptsächlich aus Methan, dem kohlenstoffärmsten fossilen Kraftstoff. Der Ausstoß von Kohlenstoffmonoxid, Schwefeldioxid, Ruß- und anderen Partikelemissionen wird bei Erdgasfahrzeugen fast vollständig vermieden. Im Vergleich zu einem Benzinauto verursacht ein Erdgasfahrzeug bis zu 25 % weniger Kohlenstoffdioxid. Erdgasautos haben kein Feinstaubproblem und weisen einen sehr geringen Ausstoß von Stickoxiden auf. Die Umweltbilanz von Erdgasfahrzeugen kann durch den Einsatz von Biogas weiter verbessert werden. Biogas, das bei der Vergärung von zum Beispiel Gülle oder Stroh entsteht, wird zu Bio-Erdgas aufbereitet und dem Erdgas beigemischt. So kann die Kohlenstoffdioxid-Bilanz nochmals verbessert werden.

Auch der Kraftstoff Autogas ist so gut wie schwefelfrei, und die Verbrennung erfolgt fast ohne Ausstoß von Ruß. Das Kohlenstoffdioxid-Minderungspotential von Erdgas ist allerdings deutlich höher als bei Autogas. Im Durchschnitt haben Autogasfahrzeuge einen Mehrverbrauch (in Litern) von 30 Prozent gegenüber Benzinfahrzeugen und sogar gegenüber Dieselfahrzeugen noch CO₂-Nachteile. Autogas ist ein Nebenprodukt der Erdölaufarbeitung und dient demzufolge nicht dazu, die Verbraucher unabhängiger vom Erdöl zu machen. Bei Motoren mit Autogasantrieb – anders als zum Beispiel bei Erdgasfahrzeugen – ist keine Beimischung von Biokraftstoffen möglich. Damit fehlt dieser Antriebsart die Option auf eine Bio-Komponente.

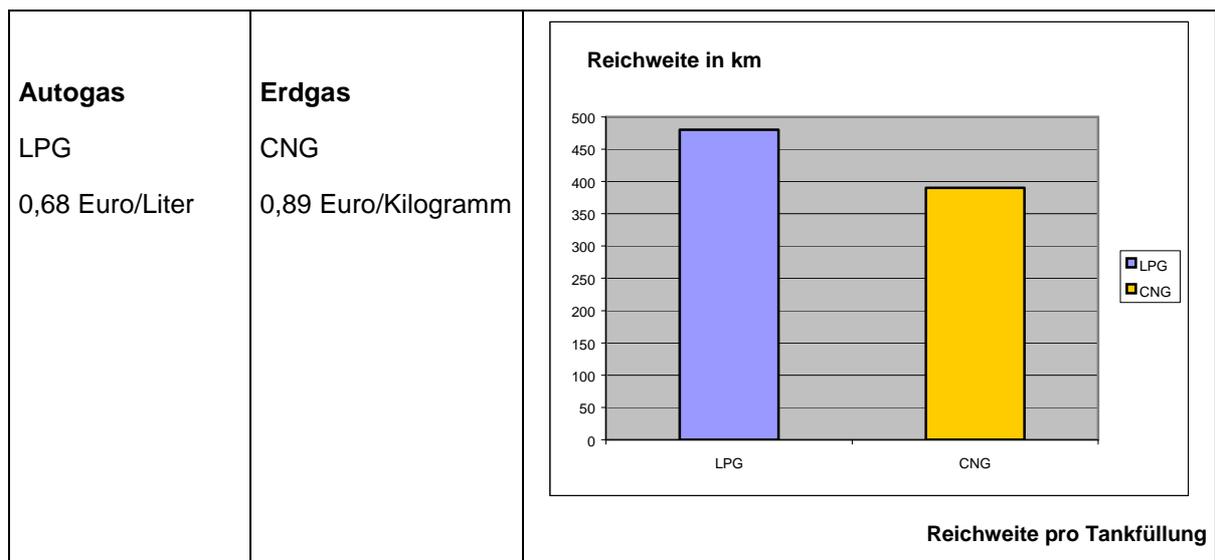
Mit Erdgasautos lässt sich an den Zapfsäulen sparen

Wohin die Reise auch gehen soll: Die hohen Spritpreise machen den Urlaub teurer. Außer, man besitzt ein Erdgasauto, denn damit lässt sich viel Geld sparen. Gegenüber dem Benzin-Preis sparen Erdgasautofahrer derzeit über 50 %, im Vergleich zum Diesel-Preis über 30 %. Beim Blick auf die Preise an den Zapfsäulen wird der Spareffekt des Erdgasautos nicht sofort in voller Höhe erkennbar. Grund: Ein Kilogramm Erdgas (gemeint ist hier das H-Gas, das einen höheren Energiegehalt hat als L-Gas) hat denselben Energiegehalt wie etwa 1,5 Liter Benzin oder 1,3 Liter Diesel. Erst mit diesen Zahlen kann berechnet werden, wie viel billiger das Tanken von Erdgas ist.

Der Preis für Erdgas betrug im Jahr 2007 bundesweit durchschnittlich rund 90 Cent pro Kilogramm. Das bedeutet: Wer mit Erdgas fährt, kann im Vergleich zum Benzin-Preis jeden zweiten Euro und im Vergleich zum Diesel-Preis fast jeden dritten Euro im Portemonnaie lassen!

Überzeugend fällt auch der Vergleich mit Flüssiggas (Autogas) aus. Ein Kilogramm Erdgas hat etwa denselben Energiegehalt wie 1,9 Liter Flüssiggas. Für den oben genannten Erdgaspreis von rund 90 Cent pro Kilogramm beträgt damit die Einsparung gegenüber den aktuellen Flüssiggaspreisen in Deutschland über 20 %.

In der Anschaffung ist ein mit Erdgas angetriebenes Fahrzeug teurer als vergleichbare Benzin- oder Dieselmotoren. Über 50 % billiger tanken bewegt aber immer mehr Autofahrer zum Umstieg auf ein Erdgasfahrzeug. Sie haben außerdem langfristige Planungssicherheit, denn der reduzierte Mineralölsteuersatz für Erdgas als Kraftstoff wurde bis 2018 festgeschrieben. Damit bleiben die Preisvorteile gegenüber Benzin und Diesel länger als die übliche Halbdauer eines Autos bestehen.



Stand: Januar 2008

<p>Umwelt</p> <p>Der individuelle Autoverkehr und die Erfordernisse einer fortwährenden Verfügbarkeit von Waren haben zu einem beträchtlichen, immer noch ansteigenden Verkehrsaufkommen geführt.</p> <p>Nach Prognosen des Umweltbundesamtes wird der motorisierte Personenverkehr und in noch stärkerem Maße der Straßengüterverkehr weiter ansteigen. So soll laut Expertenmeinung allein der Güterverkehr auf deutschen Straßen bis zum Jahr 2010 um rund 30 % zunehmen. Ein Anstieg der verkehrsbedingten Schadstoffemissionen innerhalb und außerhalb von Ballungsräumen ergibt sich daraus zwangsläufig.</p> <p>Die dadurch entstandenen Umweltbelastungen müssen soweit wie möglich minimiert werden. Gefragt sind deshalb moderne und zukunftsweisende Konzepte.</p> <p>Vor dem Hintergrund des zunehmenden Treibhauseffektes muss der Ausstoß klimaschädigender Stoffe wie CO₂ und Methan durch den Straßenverkehr deutlich reduziert werden. Dies gilt gleichermaßen für die stetig zunehmenden Lärmbelastungen.</p> <p>Autogas-Fahrzeuge erfüllen diese Anforderungen. Im Vergleich zu anderen Kraftstoffen entstehen beim Einsatz von Autogas deutlich weniger Abgasemissionen. Dies gilt auch für das klimaverändernde CO₂. Insgesamt zählen die von Autogas-Fahrzeugen verursachten Abgase zu den niedrigsten, die zur Zeit in Verbrennungsmotoren realisiert werden können. Der Kraftstoff Autogas ist nahezu schwefelfrei und die Verbrennung erfolgt fast ohne Ausstoß von Ruß.</p>	<p>Was ist Autogas?</p> <p>Flüssiggas (Propan, Butan und deren Gemische) ist ein Kohlenwasserstoff, der unter relativ geringem Druck verflüssigt und dann nur etwa 1/260 seines gasförmigen Volumens einnimmt. Dieses Gas zeichnet sich durch einen hohen Energiegehalt aus. Gleichzeitig verbrennt es schadstoffarm und lässt sich gut lagern. Flüssiggas ist transportabel und deshalb an jedem Ort einsetzbar. Eine der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von Flüssiggas ist der Antrieb von Motoren.</p> <p>Autogas ist Flüssiggas, das zum Antrieb von Verbrennungsmotoren verwendet wird. Es eignet sich als Kraftstoff ebenso gut wie Benzin, Diesel oder Erdgas. Die Qualitätsanforderungen an Autogas sind europaweit einheitlich in der DIN EN 589 geregelt und ermöglichen somit einen problemlosen grenzüberschreitenden Einsatz. Eine der prägnantesten Eigenschaften von Autogas ist seine hohe Klopfestigkeit, die den Zusatz von Additiven unnötig macht.</p> <p>Die Autogastechnik steht für die nachträgliche Umstellung von Benzinfahrzeugen ebenso zur Verfügung wie für Neuwagen. Hinsichtlich ihrer Kraftstoffversorgung lassen sich Autogasfahrzeuge in zwei Gruppen einteilen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - monovalente Fahrzeuge, die ausschließlich mit Flüssiggas fahren. - bivalente Fahrzeuge, die neben dem Gastank weiterhin über den ursprünglichen Benzintank verfügen und somit beide Kraftstoffarten nutzen können.
--	--

<p>Schadstoffe wie CO, HC, NO_x und weitere gesundheits- und naturschädigende Abgas-komponenten treten wesentlich vermindert auf. Zudem verursachen Autogas-Nutzfahrzeuge bis zu 50 % weniger Lärm als Dieselfahrzeuge.</p>	<p>Autogas bietet den Vorteil, dass es in herkömmlichen Otto-Motoren auf einfache Weise eingesetzt werden kann. Dies ermöglicht den Antrieb wahlweise mit Autogas oder Benzin (sog. bivalenter Antrieb). Der Einsatz von Flüssiggas für motorische Zwecke hat sich in der Praxis seit Jahrzehnten bewährt. Unter anderem wird es besonders als wirtschaftlicher und umweltfreundlicher Kraftstoff für Gabelstapler geschätzt, da seine saubere Verbrennung den Einsatz von Staplern auch innerhalb von Gebäuden erlaubt.</p>
---	--

<http://www.autogastanken.de/>



- Für beide Gaskraftstoffe gibt es in Deutschland eine Steuerbegünstigung bis 2018.

<http://www.autogastanken.de/>

M1b

F	E	K	B
---	---	---	---

Tanken an der Erdgas-Tankstelle

Die nächste Tankstelle für Erdgas befindet sich in

Der Preis für Erdgas beträgt im
..... 2008: €/kg

Der Preis für Super-Benzin beträgt im
..... 2008: €/l



Die Abkürzung „CNG“ bedeutet im Englischen:
.....

und übersetzt:
.....



Autos, die nur einen Erdgas-tank haben, nennt man

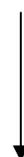
Zum Glück haben Lipferts außer dem Erdgastank noch einen Benzintank.

Solche Fahrzeuge nennt man



Erdgas wird in

Form in den Tank gepresst. Im Tank herrscht dann ein Druck von etwa bar.



Dann kosten 100 km mit Erdgas gefahren €.

Wenn Lipferts mit Benzin fahren, brauchen sie etwa 8 Liter für 100 km.

Sie sparen also pro 100 km€.



Familie Lipfert tankte 17 kg Erdgas. Auf dem Tageszähler steht: 285 km.

Frau Lipfert rechnet: Unser Verbrauch betrug etwakg für 100 km.

M1c

F	E	K	B
---	---	---	---

Tanken an der Autogas-Tankstelle

Die nächste Tankstelle für Autogas befindet sich in

Der Preis für Autogas beträgt im
..... 2008 : €/l

Der Preis für Super-Benzin beträgt im
..... 2008 :€/l

Die Abkürzung „LPG“ bedeutet im Englischen:
.....
und übersetzt:
.....
.....

Autos, die nur einen Autogastank haben, nennt man

Zum Glück haben Lipferts außer dem Autogastank noch einen Benzintank.
Solche Fahrzeuge nennt man



Autogas wird in Form in den Tank gepresst. Im Tank herrscht dann ein Druck von etwa bar.

Dann kosten 100 km mit Autogas gefahren €

Wenn Lipferts mit Benzin fahren, brauchen sie etwa 8 Liter für 100 km.
Sie sparen also pro 100 km€.

Familie Lipfert tankte 30 l Autogas.
Auf dem Tageszähler steht: 285 km.
Frau Lipfert rechnet:
Unser Verbrauch betrug etwal für 100 km.

M2a

F	E	K	B
----------	----------	----------	----------

Aus dem Alltag wisst ihr bereits, wo gasförmige Brennstoffe verwendet werden.

Sammelt euer Wissen und ordnet es nach geeigneten Kriterien!

Erdgas ist ein mögliches Gas, das beim Bunsenbrenner verwendet wird.

Entwerft einen Untersuchungsplan mit dem Ziel, die Reaktionsprodukte des brennenden Gases aufzufangen und nachzuweisen!

Material:

Gasbrenner, Becherglas, U-Rohr, Gaswaschflasche, Trichter, Stativ mit Klammern und Muffen, Wasserstrahlpumpe, Gummischläuche,

Kalkwasser (ätzend, C), weißes Kupfersulfat (Xn), kaltes Wasser, Eiswürfel, Schutzbrille

M2b

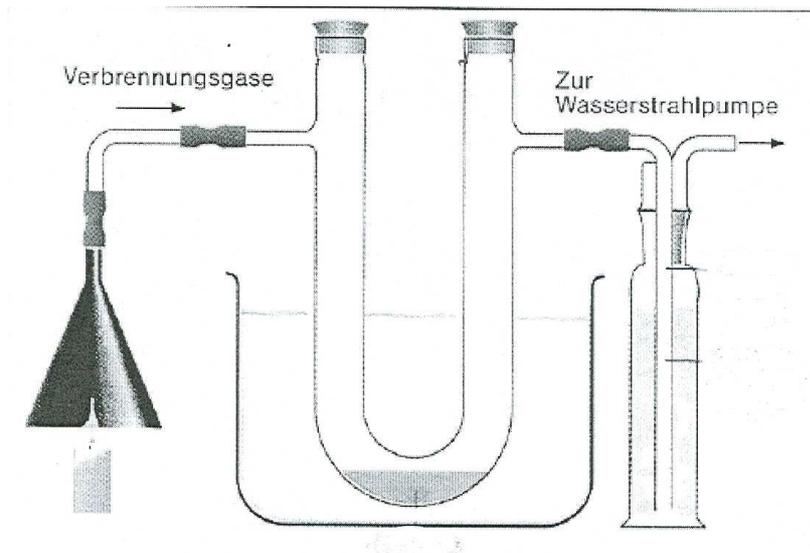
F	E	K	B
---	---	---	---

Was passiert beim Verbrennen von Erdgas?

Führt den unten abgebildeten Versuch durch und erklärt daran den qualitativen Nachweis der Verbrennungsprodukte des Gases!

Fertigt ein Versuchsprotokoll an!

Formuliert eine allgemeine Wortgleichung für die Verbrennung von Erdgas!



M2c

F	E	K	B
---	---	---	---

Wie viel Kohlenstoffdioxid produziert ein Auto?

Unsere Autos stoßen riesige Mengen Kohlenstoffdioxid aus. Viele Autohersteller wären von der geplanten 130-Gramm-Grenze beim CO₂ schwer getroffen. Hier könnt ihr berechnen, wie viel Kohlenstoffdioxid ein Auto ausstößt.

Als „sauber“ gilt ein Auto, das auf 1 km weniger als 130 g Kohlenstoffdioxid produziert.

Man kann mit einer speziellen Formel berechnen, wie viel Kohlenstoffdioxid ein Auto ausstößt.

Und so berechnet ihr den CO₂-Wert für ein Auto:

Benziner: $24 \cdot \text{Verbrauchswert (in l)} \cdot \text{Kilometer}$. Diese Multiplikation ergibt den Wert in Gramm. Teilt ihr das Ergebnis durch 1000, erhaltet ihr das Ergebnis in Kilogramm.

Diesel: $27 \cdot \text{Verbrauchswert (in l)} \cdot \text{Kilometer}$. Die höhere CO₂-Zahl (Multiplikator) rührt daher, dass in einem Liter Diesel etwa 1,12 Mal so viel Energie enthalten ist wie in einem Liter Benzin.

Erdgas: $27,5 \cdot \text{Verbrauchswert (in kg)} \cdot \text{Kilometer}$.

Berechnet die Kohlenstoffdioxidemission verschiedener Fahrzeuge! 1 kg Erdgas entspricht etwa einem Verbrauch von 1,5 l Benzin. Bewertet die Ergebnisse!

M3a

F	E	K	B
----------	----------	----------	----------

In dem vorangegangenen Versuch habt ihr herausgefunden, welche chemischen Elemente der gasförmige Brennstoff Erdgas enthält.

Erdgas ist ein Stoffgemisch, dessen meiste Moleküle nur aus Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen aufgebaut sind. Solche Stoffe nennt man Kohlenwasserstoffe.

Erdgas besteht fast ausschließlich aus Kohlenwasserstoffen.

Auch Autogas enthält hauptsächlich Kohlenwasserstoffe.

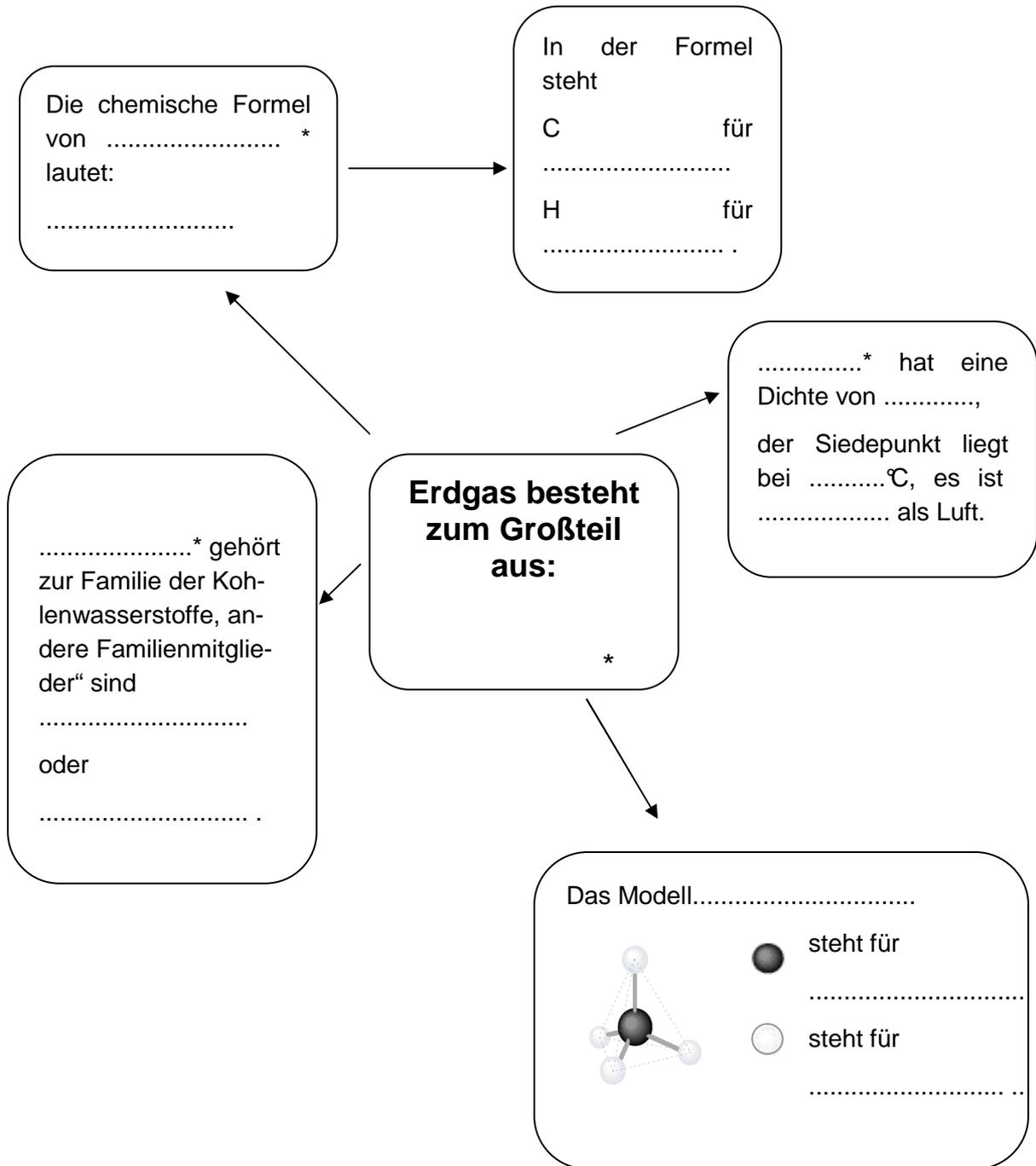
Recherchiert im Lehrbuch (oder Internet Link: <http://de.wikipedia.org>) zu dem Molekülaufbau der häufigsten Kohlenwasserstoffe im Erdgas und Autogas!

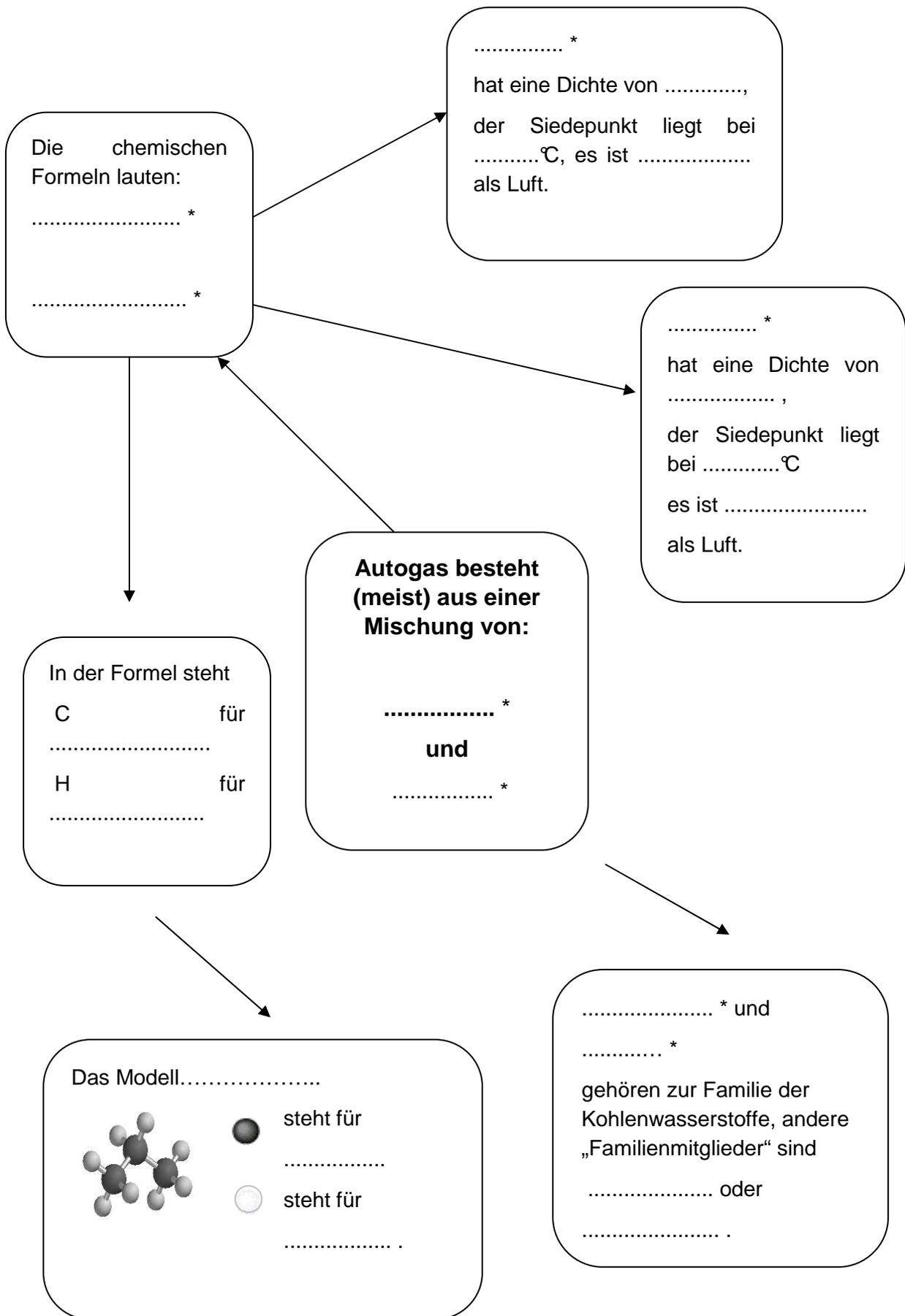
Baut die Molekülmodelle!

M3b

F	E	K	B
---	---	---	---

Erdgas oder Autogas – was ist das?





M3c

F	E	K	B
----------	----------	----------	----------

Steckbrief von

Recherchiert im Lehrbuch (oder Internet: <http://de.wikipedia.org>)!

Erklärt, was die Angaben bedeuten!

Angabe zu		Erklärung
Summenformel		
Anzahl der Kohlenstoffatome		
CAS-Nummer		
Gefahrenkennzeichnung		
Molmasse*		
Dichte		
Schmelzpunkt		
Siedepunkt		
Aggregatzustand		
Heizwert H_i **		

* Diese Aufgabe ist für leistungsstarke Lerngruppen gedacht.

** Zum direkten Vergleich eignen sich am besten die Angaben bezogen auf kg.

M4a

F	E	K	B
---	---	---	---

Erdgas oder Autogas?



Ein Erdgas-Auto kauft man nicht einfach so! Bevor die Entscheidung fällt, werden sich die Käufer gut informieren! Es muss ja auch entschieden werden, welche Art von Gas verwendet werden soll.

Im Internet findet ihr mit Hilfe einer Suchmaschine viele Informationen. Vorsicht: Achtet auf die Verfasser der Internetseiten.

Wichtig: Gebt alle Quellen an, aus denen ihr Informationen entnommen habt!

Internetlinks:

<http://www.autogastanken.de>; <http://www.gas-tankstellen.de>

<http://www.autogasumbau.com>; <http://erdgasfahrzeuge.de>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Erdgas>; <http://de.wikipedia.org/wiki/Autogas>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Erdgasfahrzeug>; <http://www.tanke-erdgas.de>

Stell dir vor, du wärst ein Händler, der Erdgas-Autos vertreibt. Sammle mögliche Argumente für die Wahl eines solchen Autos und erstelle ein Werbeplakat!

Stell dir vor, du wärst ein Händler, der Flüssiggas-Autos vertreibt. Sammle mögliche Argumente für die Wahl eines solchen Autos und erstelle ein Werbeplakat!

Stell dir vor, du wärst ein Händler, der keine gasbetriebenen Autos vertreibt. Sammle Argumente gegen den Kauf eines solchen Autos und erstelle ein Werbeplakat, z. B. für Diesel-Autos!

Bereite eine Podiumsdiskussion zwischen verschiedenen Autohändlern und einem Vertreter eines Umweltverbandes vor!

M4b

F	E	K	B
---	---	---	---

Erdgas oder Autogas?

Vor dem Kauf eines Autos, das mit Gas betrieben ist, sollte man sich über Vor- und Nachteile der verschiedenen Möglichkeiten informieren.

Im Internet findet ihr mit Hilfe einer Suchmaschine viele Informationen. Doch Vorsicht! Vergleicht die Informationen verschiedener Internet-Seiten!

Wichtig: Gebt alle Quellen an, aus denen ihr Informationen entnommen habt.

Ergänzt die folgende Tabelle! Findet weitere Punkte, die sich sinnvoll vergleichen lassen.

	Erdgas		Autogas

Zusammensetzung			
Aggregatzustand im Tank			
Fülldruck			
Kraftstoffpreis (mit Datumsangabe und Ort)			
Umrüstungspreis (Beispiel angeben)			
Kraftstoffverbrauch (je 100 km)			
Anzahl von Tankstellen in D (mit Datumsangabe)			
Reichweite pro Tank (Beispiel angeben)			
Reichweite (pro 10 Euro Treibstoff)			
Rohstoffe (Herkunft und Lieferung)			
Schadstoffe in den Abgasen (im Vergleich zu Benzin- und Dieselfahrzeugen)			
Heizwert			

M5a

F	E	K	B
---	---	---	---

Biogas – die perfekte CO₂-Bilanz?

Seit Sommer 2006 gibt es in Deutschland eine Biogas-Tankstelle. Im Internet findet ihr dazu viele Informationen. (Link: <http://www.wendland-elbetal.de>)

Stellt Biogas als einen alternativen Energielieferanten in einem Plakat umfassend vor.



(Foto: Angelika Straub, Regionalbüro
Region Aktiv Wendland-Elbetal)

Der RWG-Mitarbeiter Michael Rußmann tankt als erster WEGAS - Wendländer BioGas. Mit dabei: Geschäftsführer der RWG Jameln Hans-Volker Marklewitz (rechts) und Horst Seide, Vorsitzender Region Aktiv Wendland-Elbetal.

Wendländer

BioGas Tankstelle

Der neue Kraftstoff vom Lande

Die erste Biogastankstelle Deutschlands für erdgasbetriebene PKW ist 24 h für Sie geöffnet.

Direkt an der B248. Zwischen Lüchow und Dannenberg.

<http://www.wendland-elbetal.de/>

www.biogastankstelle.de



M5b

F	E	K	B
---	---	---	---

Welchen Treibstoff wird man wohl in 40 Jahren tanken? Klimawandel und Knappheit der Ressourcen erzwingen, Treibstoffe auf ihre Umweltbelastung und ihren Rohstoffverbrauch zu untersuchen. Dabei müssen ökologische Verträglichkeit und der energetische Nutzen berücksichtigt werden. Wenn die Herstellung eines Treibstoffs mit hohem energetischen Aufwand verbunden ist, wirkt sich das gleichzeitig auf den Preis und die Umweltbelastung aus. Das wird in seiner Gesamtheit in der Ökobilanz ausgedrückt.

Recherchiert und bereitet eine Pro- und Contra-Diskussion zum Thema: „Energieträger aus nachwachsenden Rohstoffen“ vor!



Fotos: privat

Biosprit in der Klimafalle

Lachgas aus Rapsdiesel: Nobelpreisträger Crutzen klagt an

Biosprit, sei es als Diesel oder als Treibstoffzusatz für Ottomotoren, gilt vielen mittlerweile als eine der Säulen im Kampf gegen den Klimawandel. Weil aus schnell nachwachsenden Rohstoffen gebräut, ist der Biosprit im Vergleich zu fossilen Energieträgern weitgehend kohlendioxidneutral. Außerdem verringert er, weil aus heimischen Pflanzen destilliert, die Abhängigkeit von Ölimporten aus politisch ruchbaren Staaten. Dennoch sind Biodiesel und Ethanol ins Zwielicht geraten. Weil Landwirte nämlich schnell erkannten, dass mit dem Verkauf entsprechender Ernten an die Sprithersteller mehr Geld zu verdienen ist als beim Handel mit den Lebensmitteln, sind Preissteigerungen und Verknappungen die Folge. Jetzt hat der Mainzer Atmosphärenchemiker und Nobelpreisträger Paul Crutzen einen weiteren, schwerwiegenden Nachteil in der bislang als positiv geltenden Umweltbilanz von Biosprit entdeckt. Statt der globalen Erwärmung entgegenzuwirken, erhöhe das Destillat die Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre, hat Crutzen ausgerechnet. Schuld daran ist ein bisher weitgehend unverdächtigter Stoff: das Lachgas.

Die Rechnung bisher war denkbar einfach. Weil die Rohstoffe für den Biosprit, nämlich Raps für den Diesel und vor allem Mais und Zuckerrohr für Ethanol, bei ihrem Wachstum mehr Kohlendioxid aus der Luft aufnehmen, als bei der Verbrennung von Biosprit entsteht, gelten diese Kraftstoffe als klimaneutral. Selbst wenn man berücksichtigt, dass bei der Bestellung der Felder, bei der Mahd oder beim Destillieren, Kraftstoffe aus fossilen Quellen benötigt werden, trägt Biosprit immer noch erheblich zur Verringerung der Kohlendioxidbelastung bei. Diese positive Bilanz zweifeln Crutzen und seine drei Mitautoren in ihrer jetzt in der Online-Ausgabe der Zeitschrift „Atmospheric Chemistry and Physics“ (Bd. 7, S. 1191) veröffentlichten Untersuchung auch keineswegs an. Die Forscher haben aber diesmal auch nun den Einfluss von Lachgas – Distickstoffoxid – unter die Lupe genommen.

Obwohl Lachgas in der Atmosphäre in noch geringeren Konzentrationen als Kohlendioxid vorkommt, trägt es erheblich zum Klimawandel bei. Ein Gramm Lach-

gas wirkt als Treibhausgas etwa dreihundertmal so stark wie die gleiche Menge an Kohlendioxid. Etwa ein Drittel des jährlich in der Atmosphäre umgesetzten Lachgases stammt aus menschlichen Quellen. Im Gegensatz zu vielen anderen Schadstoffen tragen industrielle Abgase aber nur im geringen Maße zur Lachgasbelastung bei. Die weitaus größte Quelle ist die Stickstoffdüngung in der Landwirtschaft. Bisher hat man angenommen, dass etwa ein Prozent des zur Düngung benutzten Stickstoffs als Lachgas verdunstet und in die Atmosphäre gelangt. Crutzen und seine Kollegen rechnen aber nun vor, dass dieser

Anteil weitaus höher ist und mindestens vier, wahrscheinlich sogar fünf Prozent beträgt.

Die Forscher legten diesen erhöhten Anteil auf den für den Anbau der Energiepflanzen jeweils durchschnittlich benötigten Dünger um. Daraus berechneten sie, wie viel Lachgas beispielsweise bei der Produktion von einer Tonne Diesel aus Raps in die Luft gelangt. Dieser Wert wird dann mit jener Menge an Kohlendioxid verglichen, die bei der Verbrennung von einer Tonne „fossilem“ Diesel durchschnittlich in die Atmosphäre geblasen wird. Berücksichtigt man schließlich noch die stärkere Treibhauswirkung von Lachgas, entsteht ein Umweltindex für jene Pflanzensorten, aus denen Biosprit destilliert wird.

Besonders schlecht schneidet dabei der aus Rapsöl hergestellte Biodiesel ab. Der von einem Liter Rapsdiesel verursachte Treibhauseffekt ist nämlich bis zu 1,7 Mal so groß wie der von herkömmlichem Diesel. Auch der aus Mais destillierte Alkohol hat bis zu fünfzig Prozent mehr Treibhauswirkung als eine vergleichbare Menge Normalbenzin. Aus Weizen gewonnenes Ethanol ist ebenfalls ungünstig, denn ein Liter wirkt sich zwischen 30 und 100 Prozent stärker auf die Wärmeabsorption in der Atmosphäre aus als konventionelles Benzin. Lediglich der Sprit aus Zuckerrohr schneidet positiv ab. Grund: Beim Zuckerrohranbau in den tropischen Ländern wird oft wenig gedüngt.

Biosprit ist aber nicht nur schlecht für das Klima. Aus Lachgas entstehen nämlich auch Stickoxide. Sie sind einerseits an der Entstehung von bodennahem Smog beteiligt. Andererseits tragen sie in der Stratosphäre zur Zerstörung der Ozonschicht bei. HORST RADEMACHER

Ob aus Raps, Mais oder Weizen hergestellt – in der Treibhausbilanz schneidet Biosprit wegen des nötigen Düngers schlechter ab als gewöhnlicher Kraftstoff. Das hat der Atmosphärenchemiker und Mitentdecker des Ozonlochs, Paul Crutzen, ermittelt.

Frankfurter Allgemeine Zeitung 02.10.07, Nr. 229, S. N1, Horst Rademacher
© Alle Rechte vorbehalten. Frankfurter Allgemeine Zeitung GmbH, Frankfurt. Zur Verfügung gestellt vom Frankfurter Allgemeine Archiv.

M6

F	E	K	B
---	---	---	---

Historisches

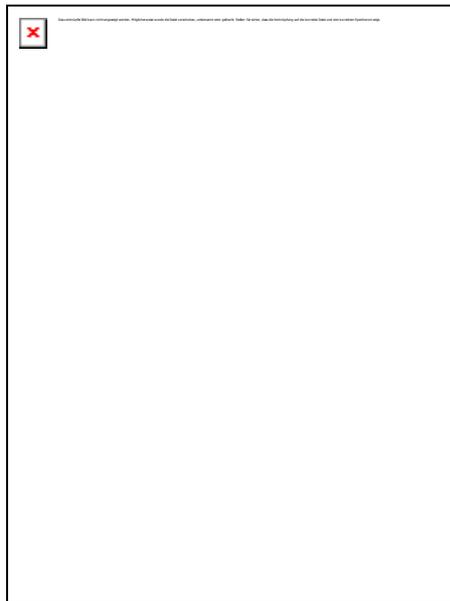
Schon lange bevor die ersten Erdgasautos gebaut wurden, gab es Kraftfahrzeuge, die mit Gas betrieben wurden.

Bei den abgebildeten Autos aus den Jahren 1936-1941 wurde Holz als Brennstoff verwendet. Man spricht auch von „Holzgas“.

Informiert euch über die Entstehung und die Zusammensetzung von Holzgas.

Bildet Wortgleichungen für die energieliefernden Verbrennungsreaktionen des Holzgases im Motor.

Bewertet den Treibstoff Holzgas!



Opel Kapitän mit Holzvergaser
www.miniatur-modell.de



Adler Diplomat 3 GS mit Holzgasgenerator (1941)
Exponat im Deutschen Museum Verkehrszentrum



Holzvergaser an einem Opel (1940)
Foto: privat

Leistungsüberprüfung

Beantwortet folgende Fragen und gebt eine kurze Begründung!

Aussage	Richtig	Falsch	Begründung
Erdgas im Tank eines Erdgasautos ist flüssig.			
Methan ist bei -170 °C fest.			
Beim Verbrennen von Erdgas entstehen zwei Gase.			
Erdgasautos sind ökologisch besser als Flüssiggasautos.			
Im Erdgastank eines Autos muss es kälter als $-161,7\text{ °C}$ sein.			
Biogas hat eine bessere CO_2 -Bilanz als Erdgas.			
Die CAS-Nummer muss jede(r) Chemiker(in) auswendig wissen.			
Methan ist leichter als Luft.			
* Zwei Mol Methan wiegen mehr als 30 Gramm.			

* Diese Aufgabe ist für leistungsstarke Lerngruppen gedacht.

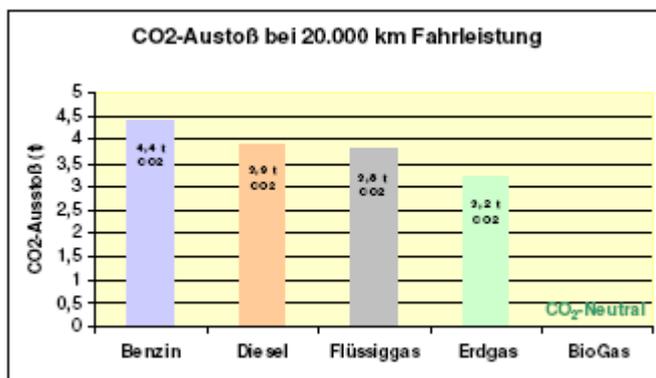
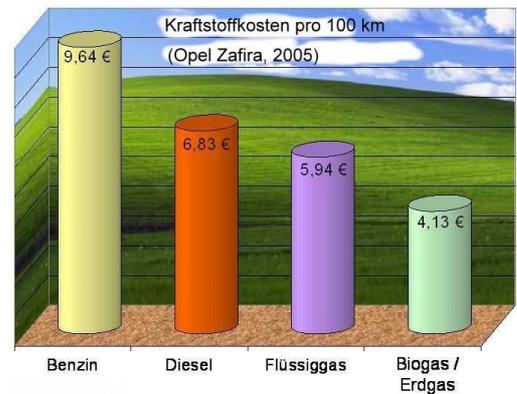
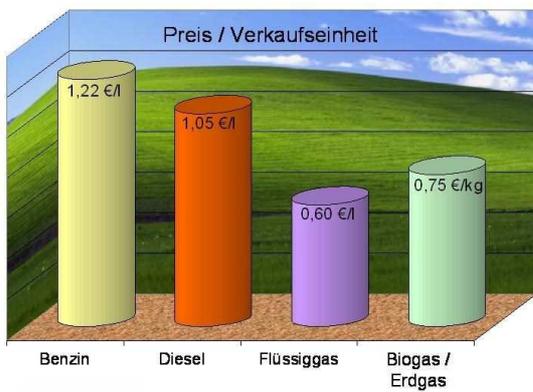
Beantwortet folgende Fragen und gebt eine kurze Begründung!

Aussage	Richtig	Falsch	Begründung
Autogas im Tank ist flüssig.			
Propan ist bei 0 °C flüssig.			
Beim Verbrennen von Autogas entsteht mehr Energie als bei Erdgas.			
Ein Leck im Autogastank ist gefährlicher als bei einem Erdgastank.			
Es gibt weniger Autogastankstellen als Erdgastankstellen in Deutschland.			
Die Gefahrstoffzeichen sind international gleich.			
Butan ist leichter als Luft.			
Autogas macht unabhängig von Erdöl.			
* Ein Mol Propan wiegt 44 Gramm.			

* Diese Aufgabe ist für leistungsstarke Lerngruppen gedacht

Formuliert Aussagen, die diese Diagramme machen!

Fasst begründet zusammen, für welchen Treibstoff sie werben!



<http://www.wendland-elbetal.de>

<http://biogastankstelle.de/images/stories/0quelle-grafiken.pdf>

4 Lösungserwartungen

M1a

Die Schülerinnen und Schüler sammeln Informationen rund um Erdgas und Autogas, etwa: Preise, Umweltverträglichkeit, Erdgassorten, Tankstellen, Reichweite, Gewinnung, Fahrzeuge, Umrüstung. Quelle ist im Wesentlichen das Internet.

Mögliche Ergebnisse können sein:

Pro Gasantrieb allgemein:

- geringere Treibstoffkosten
- geringerer Schadstoffausstoß
- Fahrzeuge können mono- und bivalent ausgerüstet sein

Pro Erdgas:

- Erdgas hat einen höheren Energiegehalt als alle anderen Treibstoffe (z.B. 1 kg Erdgas = 1,9 l Autogas)
- kaum Ausstoß von Kohlenstoffmonoxid, Schwefeldioxid, Stickoxiden, Ruß- und Feinstaubpartikeln
- Unabhängigkeit von den Erdölressourcen
- Beimischung von Biotreibstoff möglich

Pro Autogas:

- kostengünstigerer Einbau
- Treibstoff ist billiger (auf den ersten Blick)
- weniger Lärm als Dieselfahrzeuge
- verminderter Schadstoffausstoß
- Treibstoff kann mit dem Tanklastwagen beliefert werden, lässt sich gut lagern
- flexible Tankstellen- Standortwahl, gutes Tankstellennetz
- hat eine einheitliche europäische Norm, problemlos außerhalb von Deutschland einsetzbar
- der Kraftstofftank muss hinsichtlich Druck keine besondere Beschaffenheit haben
- höhere Reichweite bei gleichem Tankvolumen

Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass die Verfasser von Artikeln eine Meinung/Position vertreten, die sie durch ausgewählte positive Argumente vorteilhaft darstellen. Negative Argumente werden vernachlässigt oder durch einen Wechsel des Bezugspunktes so dargestellt, dass sie dem Leser wieder positiv erscheinen. Alternativen werden dagegen möglichst nachteilig dargestellt. (Werbestrategie)

M1b

Tanken an der Erdgas-Tankstelle

Die nächste Tankstelle für Erdgas befindet sich in Individuelle Lösung* (Beispiel).

Der Preis für Erdgas beträgt im

Januar 2008 : 0,89 €/kg

Der Preis für Super-Benzin beträgt im

Januar 2008 : 1.33 €/Liter

Die Abkürzung „CNG“ bedeutet im Englischen:

compressed natural gas

und übersetzt:

Komprimiertes Erdgas („Naturgas“).

Autos, die nur einen Erdgastank haben, nennt man monovalent.

Zum Glück haben Lipferts außer dem Erdgastank noch einen Benzintank.

Solche Fahrzeuge nennt man bivalent.



Erdgas wird in gasförmiger Form in den Tank gepresst.

Im Tank herrscht dann ein Druck von etwa 200 bar.

Dann kosten 100 km mit Erdgas gefahren 5,34 €.

Wenn Lipferts mit Benzin fahren, brauchen sie etwa 8 Liter für 100 km.

Sie sparen also pro 100 km 5,30 €.

Familie Lipfert tankte 17 kg Erdgas. Auf dem Tageszähler steht: 285 km.

Frau Lipfert rechnet:
Unser Verbrauch betrug etwa 6 kg für 100 km.

M1c

Tanken an der Autogas-Tankstelle

Die nächste Tankstelle für Autogas befindet sich in Individuelle Lösung* (Beispiel)

Der Preis für Autogas beträgt im
Januar 2008 0,68 €/l

Der Preis für Super-Benzin beträgt im
Januar 2008: 1,33 €/l

Die Abkürzung „LPG“ bedeutet im Englischen:

Liquified Petroleum Gas
oder Liquified Propan Gas
und übersetzt:

flüssiges (Petroleum) Gas oder Propangas.

Autos, die nur einen Autogastank haben, nennt man monovalent.

Zum Glück haben Lipferts außer dem Autogastank noch einen Benzintank.

Solche Fahrzeuge nennt man bivalent.



Autogas wird in flüssiger Form in den Tank gepresst.

Im Tank herrscht dann ein Druck von etwa 10-15 bar.

Dann kosten 100 km mit Autogas gefahren 7,14 €.

Wenn Lipferts mit Benzin fahren, brauchen sie etwa 8 Liter für 100 km.

Sie sparen also pro 100 km 3,50 €.

Familie Lipfert tankt 30 l Autogas. Auf dem Tageszähler steht: 285 km.

Frau Lipfert rechnet: Unser Verbrauch betrug 10,5 l für 100 km.

M2a/b

Was passiert beim Verbrennen von Erdgas?

Auswertung:

Die bei der Verbrennung von Erdgas entstehenden Gase werden im U-Rohr gekühlt. Der Siedepunkt von Wasser wird dabei unterschritten und es kondensiert. Die Flüssigkeit wird mit weißem Kupfersulfat als Wasser identifiziert.

Ein weiteres gasförmiges Produkt erreicht die Gaswaschflasche, wo es das darin befindliche Kalkwasser trübt. Die Trübung weist nach, dass es sich bei dem Verbrennungsprodukt um Kohlenstoffdioxid handelt.

Außerdem entsteht bei dieser Reaktion Wärmeenergie, sie ist also exotherm.

Mit Sauerstoff geht Methan unterschiedliche Reaktionen ein, je nachdem, wie viel Sauerstoff für die Reaktion zur Verfügung steht. Nur bei genügend großem Sauerstoffangebot ist eine vollständige Verbrennung des Methans mit optimaler Energieausbeute möglich.

Erdgas + Sauerstoff \longrightarrow Kohlenstoffdioxid + Wasser + WÄRME-
(energiereich) (energiearm) (energiearm) (energiearm) ENERGIE

Über die Betrachtung der chemischen Reaktion in einer Wortgleichung können die Schülerinnen und Schüler diskutieren, woher die freiwerdende Energie stammt. (Formelgleichungen sind nur bei vorheriger Behandlung der Aufgabe 3 möglich.)



M2c

Benziner: $24 \cdot 9 \text{ l} \cdot 1 \text{ km} = 216 \text{ g pro Kilometer} \quad *1.5 = 324 \text{ g}$

Diesel: $27 \cdot 7 \text{ l} \cdot 1 \text{ km} = 189 \text{ g pro Kilometer} \quad *1.5 = 283,5 \text{ g}$

Erdgas: $27,5 \cdot 6 \text{ kg} \cdot 1 \text{ km} = 165 \text{ g pro Kilometer}$

Wenn das Auto 1kg Erdgas verbrennt, entstehen 165 g CO_2 .

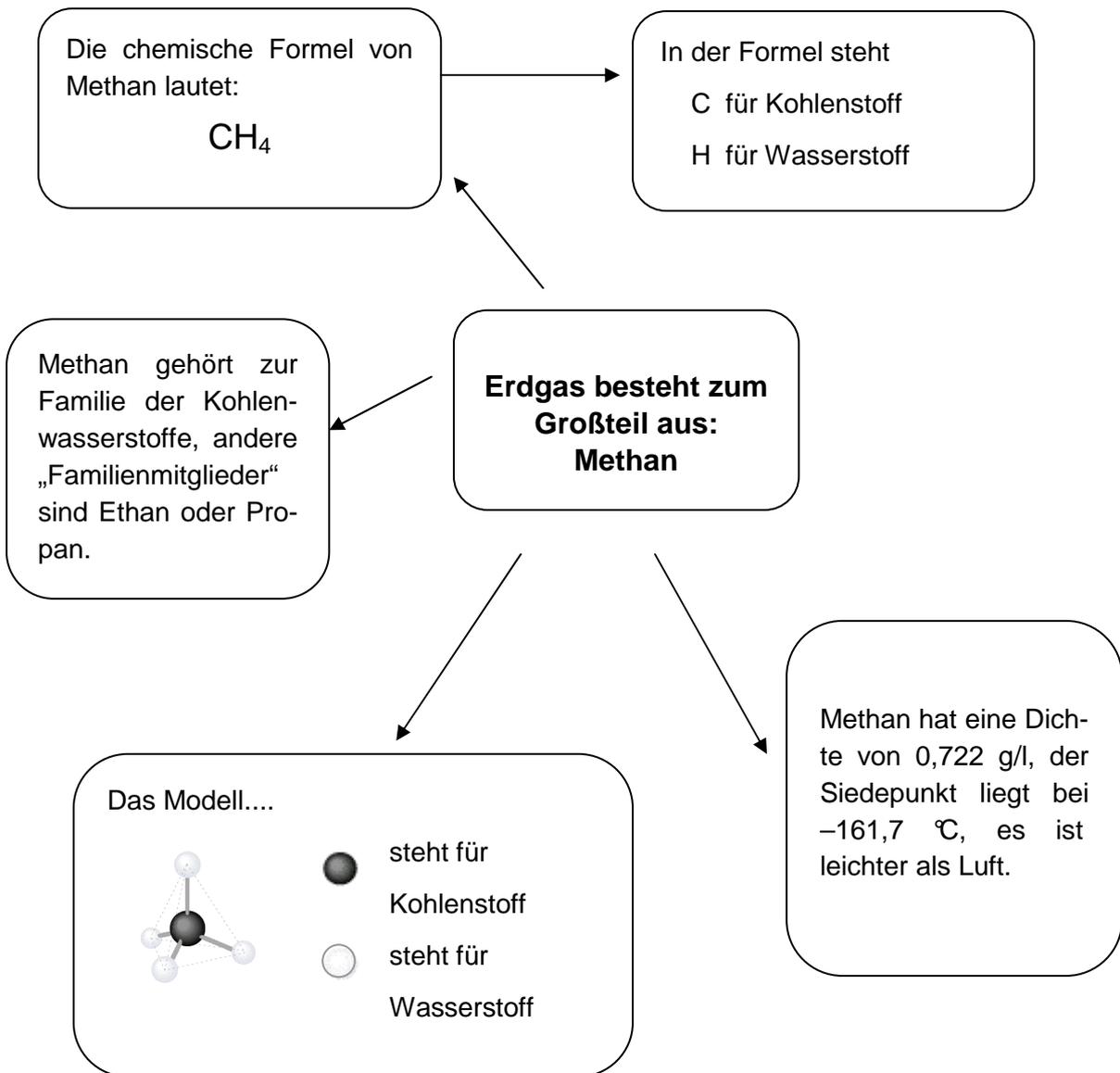
Die gleiche Strecke mit einem Benzinauto gefahren, erzeugt 324 g CO_2 .

Die Kohlenstoffdioxidmenge ist bei der gleichen Strecke mit einem Dieselfahrzeug zwar kleiner als bei einem Benzinauto, nämlich 283,5 g, aber es kommen weitere Schadstoffe wie Ruß u. a. hinzu.

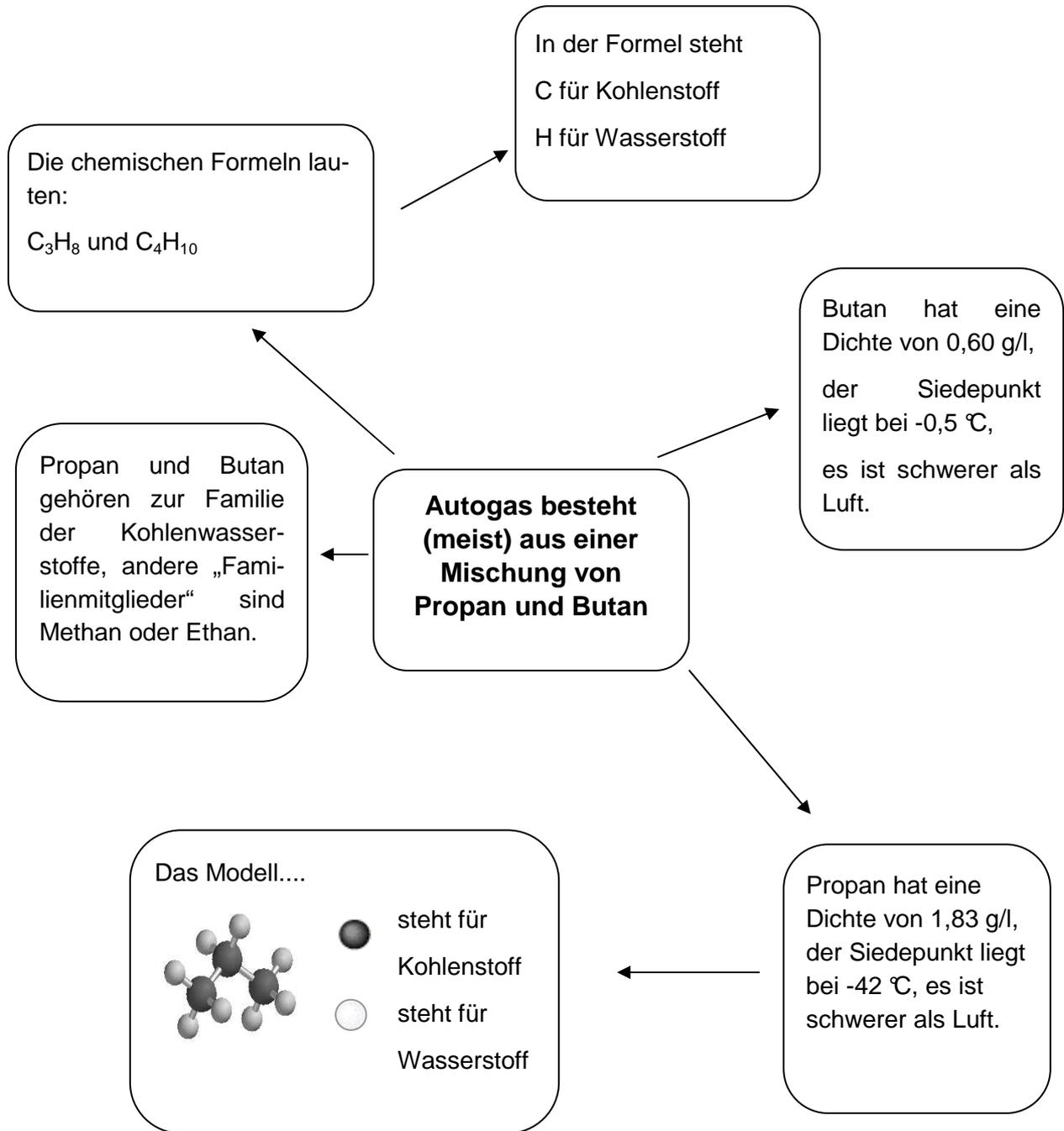
Erdgas ist deutlich der ökologischste Treibstoff.

M3b

Erdgas – was ist das?



Autogas – was ist das?



M3c

Steckbrief von Methan

Summenformel	CH ₄	Gibt an, welche Atome beim Molekülaufbau in welcher Anzahl beteiligt sind.
Anzahl der Kohlenstoffatome	1	
CAS-Nummer	74-82-8	Die CAS-Nummer (engl. CAS Registry Number, CAS = Chemical Abstracts Service) ist ein internationaler Bezeichnungsstandard für chemische Stoffe. Für jeden bekannten chemischen Stoff existiert eine eindeutige CAS-Nummer.
Gefahrenkennzeichnung		F+; hochentzündlich Hochentzündliche Stoffe können schon bei Temperaturen unter 0° C entzündet werden.
Molmasse*	16,04 g/mol	Gibt an, welche Masse ein Mol des Stoffes (ca. 6·10 ²³ Teilchen) einnimmt.
Dichte	0,72 g/l	Gibt an, welche Masse ein bestimmtes Volumen einnimmt (temperatur- und druckabhängig).
Schmelzpunkt	-182,5 °C	Temperatur, bei der ein Stoff den Aggregatzustand von fest nach flüssig verändert.
Siedepunkt	-161,7 °C	Temperatur, bei der ein Stoff den Aggregatzustand von von flüssig nach gasförmig verändert.
Aggregatzustand	gasförmig	Eine Substanz wird als „Gas“ im engeren Sinne bezeichnet, wenn ein Körper, der aus dieser Substanz besteht, bei einer Temperatur von 20 °C und einem Druck von 1 atm (sog. Standardbedingungen) im gasförmigen Aggregatzustand vorliegt, d. h., wenn sich seine Teilchen vollkommen frei bewegen und den zur Verfügung stehenden Raum vollständig und gleichmäßig ausfüllen.
Heizwert H_i**	35,9 MJ/m ³ 9,083 kWh/m ³ 50 MJ/kg 13,89 kWh/kg	Der Heizwert eines Gases ist die Wärme, die bei vollständiger Verbrennung eines Kubikmeters Gas – gerechnet im Normzustand – frei wird, wenn die Anfangs- und Endprodukte eine Temperatur von 25 °C haben und das bei der Verbrennung entstandene Wasser dampfförmig vorliegt. Der Heizwert ist also das Maß für die nutzbare spezifische Energie.

* Diese Aufgabe ist für leistungsstarke Lerngruppen gedacht.

**Zum direkten Vergleich eignen sich am besten die Angaben bezogen auf kg.

Steckbriefe von Propan und Butan

	Propan	Butan
Summenformel	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
Anzahl der Kohlenstoffatome	3	4
CAS-Nummer	74-98-6	106-97-8
Gefahrenkennzeichnung		
Molmasse*	44,1 g/mol	58,1 g/mol
Dichte	1,83 g/l	0,6 g/l
Schmelzpunkt	-187,7 °C	-138,3 °C
Siedepunkt	-42 °C	-0,5 °C
Aggregatzustand	gasförmig	gasförmig
Heizwert H_i**	83,2 MJ/m ³ 25 kWh/ m ³ 46,35 MJ/kg 12,87 kWh/kg	119 MJ/m ³ 34,32 kWh/m ³ 46 MJ/kg 12,72 kWh/kg

* Diese Aufgabe ist für leistungsstarke Lerngruppen gedacht.

**Zum direkten Vergleich eignen sich am besten die Angaben bezogen auf kg.

M4b

Erdgas oder Autogas?

	Erdgas	Autogas
	CNG	LPG
Zusammensetzung	Hoher Anteil an Methan H-Gas: 87-99 % L-Gas: 79-87 %	Propan und Butan in unterschiedlichen Zusammensetzungen
Aggregatzustand im Tank	Gasförmig	Flüssig
Fülldruck	über 200 bar	ca. 10 bar
Kraftstoffpreis (mit Datumsangabe und Ort)	Januar 08 0,89 Euro	Januar 08 0,68 Euro
Umrüstungspreis (Beispiel angeben)	Zwischen 1500-3000 Euro	Zwischen 1000-1500 Euro
Kraftstoffverbrauch (je 100 km)	6 kg	10,5 l
Anzahl von Tankstellen in D (mit Datumsangabe)	Oktober 07 760	Oktober 07 2966
Reichweite pro Tank (Beispiel angeben)	zw. 250 und 300 km bei speziellem Tank 400 km	zw. 400-600 km
Reichweite (pro 10 Euro Treibstoff)	ca. 240 km	ca. 170 km
Rohstoffe (Herkunft und Lieferung)	Nach der Förderung fast ohne zusätzliche Verarbeitung als Treibstoff nutzbar (entschwefeln) Lieferung über Erdgasleitung	Muss erst aus Erdöl gewonnen werden (Raffination) Vorräte sind begrenzt Lieferung über Tanklastwagen
Schadstoffe in den Abgasen (im Vergleich zu Benzin- und Dieselfahrzeugen)	Erdgasfahrzeug im Vergleich zum Benzinfahrzeug: - bis zu 25 % weniger CO ₂ - bis zu 75 % weniger CO zum Dieselfahrzeug: - bis zu 70 % weniger Stickoxide (NO _x) - bis zu 99 % weniger Rußpartikel und Feinstaubemission	Die Fahrzeuge emittieren gegenüber Benzinfahrzeugen rund 18 % weniger Treibhausgas CO ₂ . Schadstoffe wie Schwefeldioxid, Ruß und andere luftverunreinigende Partikel treten praktisch nicht auf. Der Ausstoß gesundheitsschädlicher Abgasbestandteile wie aromatische Kohlenwasserstoffe wird deutlich herabgesetzt.
Heizwert	10,4 kWh/m ³ (1 m ³ Erdgas entspricht 1,6 l Flüssiggas)	6,57 kWh/l (1 l Flüssiggas entspricht 0,63 m ³ Erdgas)

M5

Schülerinnen und Schüler verfügen durch die öffentliche Präsenz/anderen Fachunterricht über Wissen zum Thema Klima- und Umweltschutz.

Die Schülerinnen und Schüler wiederholen zunächst Zusammenhänge zwischen

- der natürlichen Begrenzung des Vorrats an fossilen Rohstoffen,
- dem Konfliktpotenzial auf dem Erdöl-Weltmarkt,
- dem wachsenden Verkehrsaufkommen durch Globalisierung und Wohlstand,
- dem Kohlenstoffkreislauf,
- dem CO₂-Gehalt der Atmosphäre,
- dem Treibhauseffekt.

Weiterhin werden Schülerinnen und Schüler ihr allgemeines Wissen zu neuen Energiegewinnungstechniken (Solarenergie, Windenergie) und neuen Kraftfahrzeug-Technologien (Wasserstoffauto) einbringen.

Sie setzen sich mit der Thematik zu nachwachsenden Rohstoffen kritisch auseinander. In Gruppenarbeit nach gemeinsam erarbeiteten (oder freien) Kriterien können alternative Treibstoffe auf ihre Eignung geprüft und Kompetenzen in konstruktiver Recherche, sachgebundener Kommunikation und sachlicher Bewertung erworben werden.

Eine Vielzahl von Internetseiten bieten Informationen zu diesem Thema an. Die Lösungserwartungen sollten sich vorwiegend an dem alternativen Treibstoff Biogas orientieren.

Eine sinnvolle Einordnung von Biogas als nachwachsenden Rohstoff ergibt sich allerdings nur im Vergleich und in der Summe mit anderen, derzeit genutzten Bio-Treibstoffen. Deshalb sei auf die Internetseite <http://www.bio-kraftstoffe.info> verwiesen.

Pro Bio-Treibstoffe:

Von den insgesamt rund 12 Millionen Hektar Ackerfläche in Deutschland nutzen die deutschen Landwirte gegenwärtig gut 2 Millionen Hektar oder knapp 17 % für den Anbau von Energie- und Industriepflanzen.

Biomasse leistet wachsende Beiträge zum Ersatz fossiler Rohstoffe und zum Klimaschutz. Im Vorjahr konnte Bioenergie bereits rund 3,4 % zum Primärenergieverbrauch in Deutschland beisteuern.

Rangliste der wichtigsten Energiepflanzen: Nach wie vor ist Raps für Biodiesel und Pflanzenöl-Kraftstoff mit 1,1 Millionen Hektar der bedeutendste Energielieferant, es folgen Mais, Getreide und Zucker für Biogas und Ethanol mit insgesamt 650 000 Hektar.

Flächen, um die Biomasseproduktion auszuweiten, gibt es auch in Zukunft. Studien zeigen, dass durch Bevölkerungsrückgang und Produktivitätssteigerung in der Landwirtschaft weitere Ackerflächen frei werden. Bis 2030 können das weitere 2 Millionen Hektar sein, auf denen dann Energie wächst.

Neben der Schonung fossiler Ressourcen spielt der ökologische Aspekt auch hier eine wichtige Rolle: Biotreibstoffe können einen erheblichen Beitrag dazu leisten, dass die vorgegebenen Ziele der CO₂-Einsparung erreicht werden können. Im Jahr 2006 wurden durch Biokraftstoffe 12,7 Mio. Tonnen CO₂ eingespart. Außerdem werden die nachwachsenden Rohstoffe (Energiepflanzen wie Mais, Gras, Grünroggen) direkt vor Ort produziert. Lange Transportwege zu Verarbeitungsanlagen, Lagerungsstätten und Verbraucher entfallen.

Rapsölmethylester (RME) - auch Biodiesel genannt – ist seit Jahren ein marktgängiger Treibstoff. Er wird über die Veresterung aus Rapsöl hergestellt und ist normalem Dieselmotortreibstoff vergleichbar. An rund 1900 Tankstellen wird er bereits angeboten. Zudem wird Biodiesel seit 2004 herkömmlichem Diesel bis zu 5 % -- so erlaubt es die Diesel-Norm -- beigemischt.

Auch Bioethanol, das über die Vergärung aus stärke- oder zuckerhaltigen Pflanzen gewonnen werden kann, ist als Treibstoff nutzbar. Laut Ottokraftstoffnorm ist die Beimischung von bis zu 5 % zu herkömmlichem Ottokraftstoff möglich.

Bei der Energiebilanzierung betrachtet man den gesamten Lebensweg vom Anbau der pflanzlichen Rohstoffe über die Ernte und Weiterverarbeitung bis zum Einsatz im Motor. Erneuerbare Kraftstoffe tragen zum Nettoenergiegewinn bei, wenn der Energiegehalt des Kraftstoffs (Output) den Energieaufwand zu seiner Herstellung (Input) übertrifft. In der Regel weisen Biokraftstoffe positive Energiebilanzen auf, d. h., im Kraftstoff steht für die motorische Nutzung mehr Energie zur Verfügung als vorher für seine Erzeugung aufgewendet werden muss. Um die Energieeffizienz besser vergleichen zu können, bedient man sich des so genannten Output/Input-Verhältnisses. Je geringer der Energiebedarf bei der Kraftstoffherstellung, desto besser stellt sich der Nettoenergiegewinn dar.

Kontra Bio-Treibstoffe:

Die Technologien zur Nutzung der verschiedenen Biotreibstoffe sind unterschiedlich ausgereift. Auf reines Pflanzenöl beispielsweise müssen Dieselmotoren in der Regel erst angepasst werden, was mit relativ hohen Kosten verbunden ist.

Bei der Herstellung von Biogas fallen neben einem Methan-Gehalt von ca. 55 % auch wesentliche Anteile an Kohlenstoffdioxid an. Hinzu kommen geringe Mengen von Schwefelwasserstoff und anderen Spurengasen. Als Kraftstoff nutzbar ist aber nur das Methan, das chemisch betrachtet mit Erdgas identisch ist. Die Abtrennung des Methans von den restlichen Biogas-Bestandteilen ist deshalb eine entscheidende Voraussetzung. Dafür existieren zurzeit zwei noch im Entwicklungsstadium befindliche Verfahren.

Außer dem im Material M5 angegebenen Zeitungsartikel sei hier auf weiterführende Internetseiten verwiesen:

<http://www.sueddeutsche.de/ra16m4/wissen/artikel/39/134781>

<http://www.sueddeutsche.de/wissen/artikel/340/118208/>

http://www.welt.de/wissenschaft/article1084819/Mit_vereinten_Kraeften_gegen_gefraessige_Maisbohrer.html

Bei der Betrachtung zum Kohlenstoffkreislauf hat Biosprit, besonders aus Mais und Raps, wegen der Energie, die zu seiner Herstellung gebraucht wird (Nutzung fossiler Brennstoffe), eine schlechtere Kohlenstoffdioxidbilanz als dargestellt. Werden für Palmöl- oder Zuckerrohrplantagen Regenwälder abgeholzt, muss der Ausfall an gebundenem Kohlenstoff durch den fehlenden Regenwald gegengerechnet werden. Wird die Ernährung der Weltbevölkerung betrachtet, ergeben sich langfristig Probleme mit der weltweiten Nahrungsmittelversorgung, das führt zur Verteuerung der Grundnahrungsmittel. Hinsichtlich des Naturschutzes fällt die Bilanz negativ aus. Es werden zusätzliche Flächen für den Anbau der Rohstoffe gerodet (Verlust an natürlichen Biotopen), die Monokulturen führen zum Verlust von Biodiversität (Artenvielfalt), der Aufwand an Mineraldünger und Pflanzenschutzmitteln erhöht sich, der Flächenverbrauch pro Energieeinheit ist bei der Treibstoffproduktion höher als beispielsweise bei der Nutzung von Holz in Heizkraftwerken. Bei der Düngung von Ackerfeldern entsteht ein mehrfaches an Distickstoffoxid, es ist ein gefährlicheres Treibhausgas als Kohlenstoffdioxid. Nur ein kleiner Teil der Nutzpflanze kann zur Treibstoffproduktion verwendet werden.

M6

Die Holzvergasung ist eine verfahrenstechnische chemische Reaktion, die es ermöglicht, durch Pyrolyse oder Teilverbrennung unter Luftmangel aus Holz das brennbare Holzgas zu gewinnen.

Dieses Gas wird unter anderem dazu benutzt, Verbrennungsmotoren von Kraftfahrzeugen anzutreiben. Die Generatoren wurden außen an die Karosserie gebaut oder als Anhänger mitgeführt.

Die technische Anlage, der Holzvergaser, wird mit Brennholz befüllt. Durch Erhitzen entweicht aus dem Holz ein brennbares Gasmisch (Holzgas), dessen brennbare Bestandteile hauptsächlich aus Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff sowie kleineren Anteilen von Methan und anderen Kohlenwasserstoffen bestehen.

Bei der Pyrolyse des Holzes unter Luftabschluss erfolgt das Erhitzen durch eine externe Energiequelle. Die meisten Holzvergaseranlagen erzeugen die Energie jedoch durch eine teilweise Verbrennung des Holzes unter Luftmangel.

Das erzeugte Gas wird nach der Abkühlung, bei der Wasserdampf und Kohlenwasserstoffe zum Holzgaskondensat kondensieren, und Filterung dem Verbrennungsmotor des Fahrzeugs oder sonstiger Verwendung zugeleitet.

Ein spezielles Verfahren, das Gleichstromverfahren, wurde von Georges Imbert zur praktischen Nutzung für den mobilen Verkehrsbereich entwickelt. Er baute seine Anlage 1923 in einen Opel ein. Bis 1930 verbesserte er seine Generatortechnik zu einer zuverlässigen wirtschaftlichen Anlage, die auch von 1939 bis 1948 in Nutzfahrzeugen verwendet wurde. Das Fahren solcher mit Holzgas betriebenen Fahrzeuge erforderte einen eigenen Führerschein.

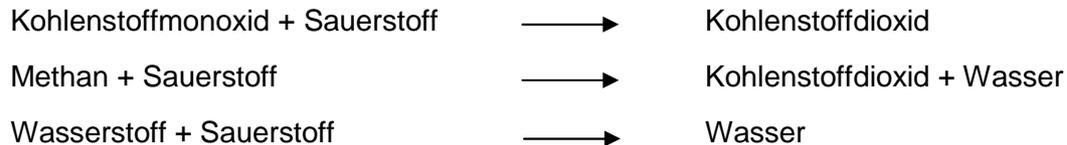
Hauptbestandteile des unter Luftabschluss entstehenden Holzgases sind Kohlenstoffdioxid (ca. 50 %), Kohlenstoffmonoxid (ca. 33 %), Methan (ca. 10%) sowie Ethen, Wasserstoff und Wasserdampf in kleineren Konzentrationen. Das Holz wird unter Sauerstoffausschluss auf etwa 700 bis 800 °C erhitzt, damit Holzgas entsteht. 100 kg Holz ergeben in einer Stunde etwa 34 bis 40 m³ Holzgas und hinterlassen einen Rückstand von 25 bis 30 kg Holzkohle, liefern dabei 4 bis 5 kg Teer und 4 bis 5,5 kg Holzessig.

Verwendung

Insbesondere in Kriegs- und Krisenzeiten mit Treibstoffmangel wurden Fahrzeuge zumeist in Eigeninitiative mit einem improvisierten Holzvergaser ausgestattet. Hierbei konnte ca. 1 Liter Benzin durch die aus 3 kg Holz gewonnene Gasmenge ersetzt werden.

Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/holzgasauto>

Wortgleichungen



Bewertung

Neben den energieliefernden Gasen entstehen bei der Holzvergasung große Anteile nicht nutzbarer und umweltschädlicher Gase (z. B. Kohlenstoffdioxid).

Erdgas enthält einen deutlich höheren Anteil an Methan.

Damit fällt die Energie- und Ökobilanz im Vergleich negativ aus. Die Technologie des Holzgasautos kann als „Notlösung“ bewertet werden.

Bei Holzgas wiederholen Schülerinnen und Schüler die Oxidationsreaktionen von Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid.

Beantwortet folgende Fragen und gebt eine kurze Begründung!

Aussage	Richtig	Falsch	Begründung
Erdgas im Tank eines Erdgasautos ist flüssig.		x	Es ist gasförmig.
Methan ist bei -170°C fest.		x	Die angegebene Temperatur liegt zwischen Schmelz- und Siedepunkt, Methan ist also bei dieser Temperatur flüssig.
Beim Verbrennen von Erdgas entstehen zwei Produkte.	x		Es sind Wasser und Kohlenstoffdioxid
Erdgasautos sind ökologisch besser als Flüssiggasautos.	x		Die Energiebilanz ist besser. Erdöl wird nicht benötigt. Es entstehen weniger Schadstoffe.
Im Erdgastank eines Autos muss es kälter als $-161,7^{\circ}\text{C}$ sein.		x	Das Erdgas ist im Tank gasförmig und steht unter Druck.
Biogas hat eine bessere CO_2 -Bilanz als Erdgas.	x		Biogas wird aus pflanzlichen oder tierischen Stoffen gewonnen. Der Atmosphäre wird nur das CO_2 zurückgegeben, das die Lebewesen vorher bei der Fotosynthese aus der Atmosphäre entnommen haben.
Die CAS-Nummer muss jede(r) Chemiker(in) auswendig wissen.		x	Zu viele Stoffe, macht keinen Sinn, da die Nummer in Katalogen steht.
Methan ist leichter als Luft.	x		Luft hat eine Dichte von $1,2\text{ g/l}$ bei 20°C , also ist Methan leichter.
* Zwei Mol Methan wiegen mehr als 30 Gramm.	x		Zwei Mol wiegen etwa 32 g .

*Diese Aufgabe ist für leistungsstarke Lerngruppen gedacht.

Beantwortet folgende Fragen und gebt eine kurze Begründung!

Aussage	Richtig	Falsch	Begründung
Autogas im Tank ist flüssig.	x		Der geringe Druck reicht aus, das Gasgemisch in flüssige Form zu komprimieren.
Propan ist bei 0 °C flüssig.		x	Propan siedet bei -42 °C, ist also gasförmig.
Ein Leck im Autogastank ist gefährlicher als bei einem Erdgastank.	x		Erdgas (Methan) steigt durch seine kleinere Dichte sofort nach oben. Das Risiko einer Entzündung ist somit kleiner als bei Autogas.
Es gibt weniger Autogastankstellen als Erdgastankstellen in Deutschland.		x	Es gibt deutlich mehr Autogastankstellen, sie können durch Tanklastwagen beliefert werden. Für Erdgas braucht man eine Gasleitung.
Die Gefahrstoffzeichen sind national verschieden.		x	Chemikalien müssen international durch Zeichen (ohne Sprache) in ihrem Gefahrenpotenzial erkennbar sein.
Butan ist leichter als Luft.	x		Luft hat eine Dichte von 1,2 g/l bei 20 °C, also ist Butan leichter.
* Ein Mol Propan wiegt 44 Gramm.	x		Rechnung
Autogas hat nichts mit Erdöl zu tun.		x	Propan und Butan werden bei der Raffination von Erdöl als gasförmige Fraktion gewonnen.
Autogas ist umweltfreundlicher als Benzin und Diesel.	x		Die Abgase von Benzin und Diesel enthalten mehr Ruß, Staub und Kohlenwasserstoffe.
Autogas ist eine Alternative zu fossilen Brennstoffen.		x	Es wird derzeit aus Erdöl gewonnen. Erdöl ist ein begrenzter fossiler Rohstoff.

*Diese Aufgabe ist für leistungsstarke Lerngruppen gedacht.

5 Quellen

Literatur:

[1] LEISEN, J.; Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht, MNU59/5, S. 260-266

[2] KMK, Bildungsstandards im Fach Chemie, S. 7, 2005

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 02.10.07, Nr. 229, S. N1, Artikel: Biosprit in der Klimafalle

Internetadressen:

<http://www.wendland-elbetal.de>

<http://www.autogastanken.de>

<http://www.gas-tankstellen.de>

<http://www.autogasumbau.com>

<http://erdgasfahrzeuge.de>

<http://www.tanke-erdgas.de>

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

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

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

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

<http://www.bio-kraftstoffe.info>

<http://www.sueddeutsche.de/,ra16m4/wissen/artikel/39/134781>

<http://www.sueddeutsche.de/wissen/artikel/340/118208/>

http://www.welt.de/wissenschaft/article1084819/Mit_vereinten_Kraeften_gegen_gefraessige_Maisbohrer.html

Experimentier-Straße: Chemiefabrik Kerze



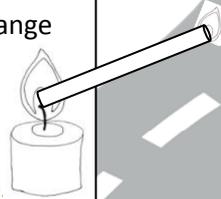
Eine Kerze wird entzündet.
Die Kerzenflamme ist mit dem Docht zu zeichnen.
Das flüssige Wachs um den Docht ist genau unter besonderer Berücksichtigung der Bewegungen im Wachs zu beschreiben.



Der Docht wird aus einem Teelicht heraus genommen, in die leere Aluminiumhülse gestellt und entzündet.
Es wird anschließend versucht, das Wachs ohne Docht zu entzünden.



Eine Kerze wird entzündet. Mit einer Tiegelfange hält man ein Glasrohr über den Docht in den **dunklen** Bereich der Kerzenflamme.
Es wird versucht, die aus dem Glasrohr austretenden, weißen Dämpfe zu entzünden.
Um welchen Stoff könnte es sich bei dem weißen Dampf handeln?



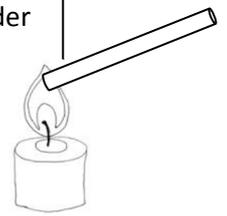
Eine brennende Kerze wird ausgeblasen.
Sofort nähert man ein brennendes Streichholz von oben oder von der Seite dem aufsteigenden Dampf.



- Ein Streichholz wird vollständig abgebrannt. Dieses nun verkohlte Streichholz hält man in verschiedene Bereiche der Kerzenflamme.
- Etwas zerriebene Holzhohle wird in die Flamme gestreut.

Eine Kerze wird entzündet. Mit einer Tiegelfange hält man ein Glasrohr über den Docht in den **leuchtenden oberen** Bereich der Kerzenflamme.

Es wird versucht, die aus dem Glasrohr austretenden schwarzen Dämpfe zu entzünden. Um welchen Stoff könnte es sich bei dem schwarzen Rauch handeln?



Ein Becherglas wird kurz über eine brennende Kerzenflamme gestülpt.
Durch welche Maßnahmen ist die Kerze vor dem Ersticken zu retten?
Das Experiment wird mit einem Becherglas anderer Größe erneut durchgeführt.



Ein leeres Reagenzglas wird über einen Glastrichter gestülpt; der Trichter wird an einem Stativ befestigt. Man stellt eine brennende Kerze etwa zwei Minuten unter den Trichter.

Die Glaswände sind genau zu beobachten, besonders in den ersten zwanzig Sekunden.

Das RG wird vom Trichter genommen, zu 1 bis 2 cm mit „Kalkwasser“ gefüllt, mit einem Stopfen verschlossen und geschüttelt.



Aufgaben:

Die Experimente sind tischweise durchzuführen und alle Beobachtungen sind sorgfältig zu protokollieren.

Zu Hause ist zu recherchieren und zu dokumentieren, was in der Kerzenflamme passiert (Buch, Internet ...).

ZDF History: Hindenburg – Die wahre Geschichte

Film <https://www.youtube.com/watch?v=5ucpUBE7qN4>

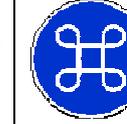
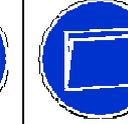
Dauer: 40:47 Minuten

Letzter Zugriff: 05.05.2015

Der Absturz des berühmten Luftschiffs wird in den ersten vier Minuten dieser Dokumentation beschrieben und mit Original-Filmszenen gezeigt. Danach wird die Geschichte der Zeppeline vorgestellt: Die Person des Graf Zeppelin und seine ersten Luftschiffe, die Entdeckung der Luftschiffe für das Militär, den Einsatz im ersten Weltkrieg und die weitere Entwicklung nach dem Tod Zeppelins mit Hugo Eckener als zentraler Person werden gezeigt. Die letzten 10 Minuten des Films widmen sich der Bedeutung der Luftschiffe als Prestige-Objekte und dem Lebensgefühl der Passagiere, der parallelen Entwicklung von Flugzeugen und dem endgültigen „Aus“ der Luftschiffe in der Folge des Absturzes der Hindenburg.

An diesem Film können Schülerinnen und Schüler exemplarisch die Verknüpfung zwischen gesellschaftlichen Entwicklungen und Erkenntnissen der Chemie (und der Technik) aufzeigen.

Untersuchung einer Verbrennungsbedingung

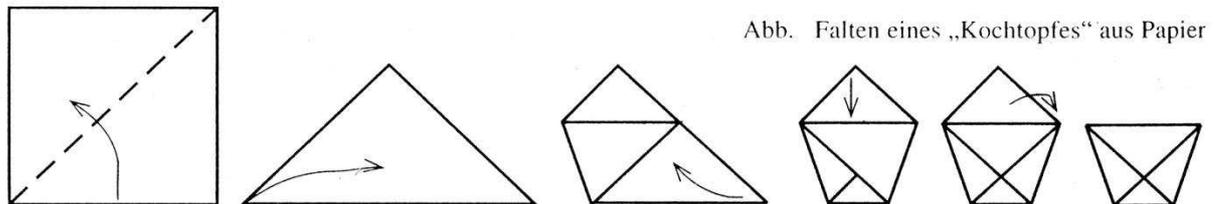
DGUV SR 2003							Weitere Maßnahmen: Text:
x	x	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Geräte: DINA4-Blatt Papier, 2 Teelichter, Streichhölzer, Becherglas mit Wasser

Vorbereitung des Versuchs:

Schneide das DINA4-Blatt so zurecht, dass ein quadratisches Papier entsteht. Falte nach der Anleitung einen „Kochtopf“ aus Papier.

Für den Versuch benötigt ihr zwei „Kochtöpfe“.



Durchführung:

Fülle einen „Kochtopf“ halb voll mit Wasser. Entzünde das Teelicht und halte den „Kochtopf“ darüber. Halte den anderen „Kochtopf“ zeitgleich über ein weiteres Teelicht. Das Becherglas mit Wasser dient im Falle eines Brandes zur Löschung.

Entsorgung: Mülleimer

Aufgaben:

1. Notiere deine Beobachtungen sorgfältig.
2. Welche Bedingung für die Entstehung eines Brandes wurde in dem Versuch untersucht? Mach dir dazu den Unterschied zwischen beiden Versuchen klar.
3. Erkläre die Versuchsergebnisse.

Lösung:

Beobachtungen:

Der Kochtopf ohne Wasser brennt nach kurzer Zeit (ca. 10 Sekunden). Der Kochtopf ohne Wasser brennt nicht (nach längerer Zeit tropft Wasser seitlich heraus). Das Wasser erwärmt sich.

Erklärung:

Das Wasser „kühlt“ das Papier aufgrund seiner hohen Wärmekapazität und sorgt dafür, dass die Entzündungstemperatur des Papiers nicht erreicht wird.