

Unterrichts- und Lernmaterialien geprüft vom PARSEL-Konsortium  
im Rahmen des EC FP6 geförderten Projekts: SAS6-CT-2006-042922-PARSEL

Kooperierende Institutionen und Universitäten des PARSEL-Projekts:



**Anregungen für Schülerinnen und Schüler:**

## Chemie (in) der Extra\_Klasse: Erneuerbare Energien “Mein iPod läuft mit Kuhmist!”

Ein Modul für den naturwissenschaftlichen Unterricht – insbesondere für den Unterricht  
im Fach Chemie – der Jahrgangsstufen 10 bis 13



### Zusammenfassung

Im PARSEL-Modul „**Erneuerbare Energien – Mein iPod läuft mit Kuhmist!**“ beschäftigt ihr euch mit der Frage, wie Biogas hergestellt wird und inwiefern die Herstellung von Biogas als eine Alternative zur herkömmlichen Energiegewinnung (z.B. aus fossilen Energieträgern) genutzt werden könnte. In Gruppen werdet ihr Biogas synthetisieren. Danach werdet ihr - in einer weiteren Gruppenarbeit - den Heizwert von Biogas in Experimenten bestimmen. Außerdem könnt ihr die Explosionsfähigkeit eines Methan-Luft-Gemisches systematisch untersuchen. Die Produkte, die bei der Verbrennung von Biogas entstehen, werdet ihr qualitativ und/oder quantitativ bestimmen. Die Ergebnisse der Heizwertbestimmung und die der qualitativen und/oder quantitativen Analysen, die ihr selbst durchgeführt habt, werdet ihr mit den Analyseergebnissen anderer Energiequellen (z.B. den Heizwerten) vergleichen. Diese Vergleiche sind für die Beantwortung der obigen aufgeführten Fragestellung wichtig. Sie können als eine Grundlage für sachgerechtes Urteilen herangezogen werden.

# Chemie (in) der Extra\_Klasse: Erneuerbare Energien “Mein iPod läuft mit Kuhmist!”

Diese Arbeitsbogen gehören: .....

## Herstellung von Biogas

### Geräte

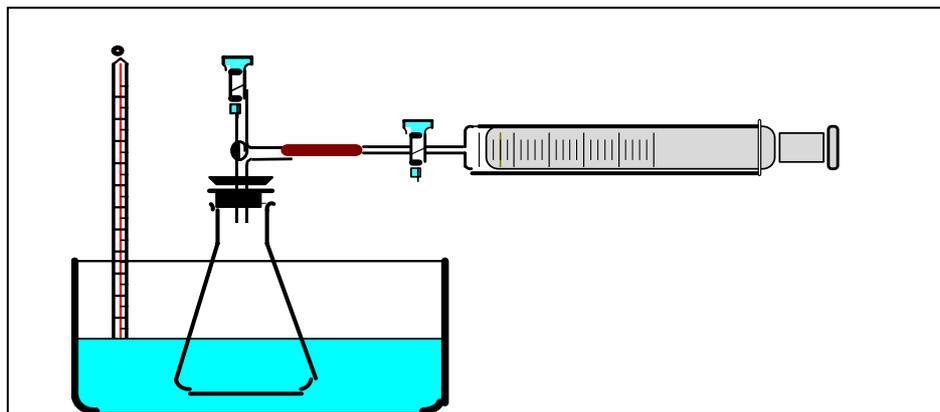
Erlenmeyerkolben (300 ml) oder Plastikflasche (500 ml), Trichter, Spatel, Waage, Wattebausch, durchbohrter Stopfen, Dreiwegehahn, Septum, Gummischlauch, Kolbenprober, Messzylinder, ggf. Wasserbad und Thermometer

### Chemikalien

150 g frische Pferdeäpfel  
Kochsalzlösung (0,9%ig)

### Durchführung

Baue die Apparatur so auf, wie sie in der Abbildung dargestellt ist, befestige dabei den Kolbenprober am Stativ. Fülle 150g Pferdeäpfel in den Kolben und übergieße sie mit 130ml 0,9%iger Kochsalzlösung. Bedecke alles mit Watte und verschließe den Kolben mit der Septumanordnung. Ihr müsst nun mindestens zwei Tage warten...



### Beobachtungen

---



---



---

# Bestimmung des Heizwertes von Erdgas und Biogas

## Geräte

1 graduierte Babyflasche (250 ml), 1 Stopfen mit 2 Löchern, 1 Dreiwegehahn, 1 Scheidetrichter als Ausgleichsbehälter, 1 Glasrohr mit kapillarer Spitze, 2 Gummischläuche als Verbindung, 1 langer Schlauch zum Anschluss an die Erdgasleitung, 1 Glaswinkel mit Spitze, 2 Bechergläser (100 ml), 1 Messzylinder (100 ml), 1 Thermometer (0,1 K) oder Thermoelement, 3 Stative mit Muffen und Klemmen, Schliff Fett, Streichhölzer, Stoppuhr, 2 Kolbenprober, 2 Gummischläuche als Verbindung, 1 Becherglas (600 ml)

## Chemikalien

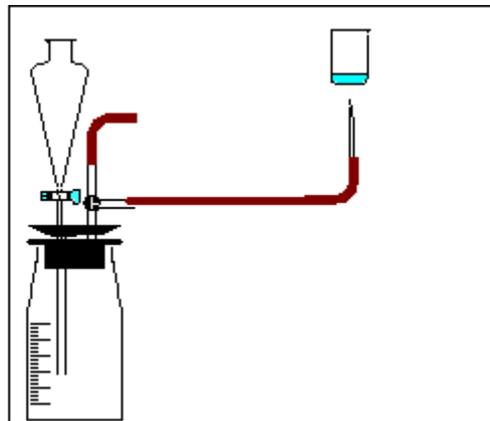
Biogas aus der "Gasmaus" (Methan: F+ ; R: 12; S: 9, 16, 33)

Erdgas aus der Gasleitung (Methan: F+ ; R: 12; S: 9, 16, 33)

dest. Wasser

## Aufbau des Versuchs

Baue die Apparatur so auf, wie sie in der Abbildung unten dargestellt ist. Befülle den Scheidetrichter zunächst mit wenig Wasser (3 cm hoch). Wiege das Becherglas. Fülle in das Becherglas 75 ml Wasser und befestige es ca. 2 cm über der Glasspitze am Stativ.



## Versuchsdurchführung mit Erdgas

Spüle die Apparatur mit dem Gas, indem es durch den Dreiwegehahn (Hahnstellung: oben-unten-Durchlass) in die Babyflasche geleitet wird. Öffne nun vorsichtig den Hahn des Scheidetrichters (es entwickeln sich nun Gasblasen im Wasser). Fülle die graduierte Babyflasche komplett mit Gas aus (erkennbar am Gasgeruch im Scheidetrichter). Schließe dann zunächst den Hahn des Scheidetrichters (Hahnstellung: kein Durchlass), dann den Dreiwegehahn (Hahnstellung: oben-rechts-Durchlass) und zuletzt den Gaszufuhrhahn. Das Gas ist nun in der Apparatur eingeschlossen.

Notiere die Anfangstemperatur des Wassers im Becherglas und fülle den Scheidetrichter gut zur Hälfte mit Wasser auf.

---

Eine Person öffnet zum einen den Dreiwegehahn (Hahnstellung: unten-rechts-Durchlass) und zum anderen sehr vorsichtig den Hahn des Scheidetrichters (Hahnstellung: oben-unten-Durchlass). Eine weitere Person entzündet parallel mit einem Streichholz das an der Glasspitze ausströmende Gas.

Notiere die Anfangszeit und reguliere die Flammenhöhe mit Hilfe des Dreiwegehahns auf ca. 1 cm.

---

Beobachte den Stand des Wasserspiegels in der Babyflasche. Schließe den Dreiwegehahn (Hahnstellung: oben-rechts-Durchlass), sobald ein Gasvolumen von 150 ml verbrannt ist bzw. der Wasserstand 150 ml beträgt. Notiere den Zeitpunkt, zu dem die Gaszufuhr abgeschaltet wird.

---

Beobachte die Temperaturentwicklung des Wassers im Becherglas bis sich die Temperatur auf ein Maximum eingestellt hat. Notiere die Endtemperatur des Wassers.

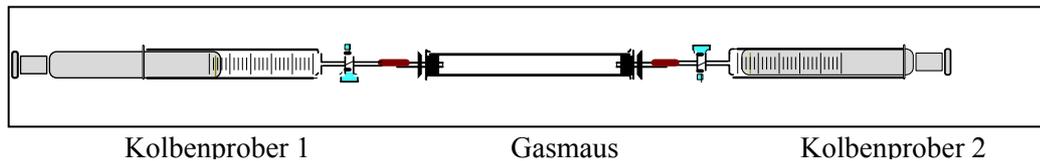
---

Wiederhole den Versuch ein weiteres Mal.

## Versuchsdurchführung mit Biogas

### Vorbereitung des Versuchs mit Biogas

Baue die Versuchsanordnung gemäß der Zeichnung auf (nicht ganz waagrecht, sondern nach oben „aufsteigend“).



Das Biogas muss von der Gasmaus in einen Kolbenprober übergeführt werden.

Fülle dazu zunächst das Becherglas mit dest. Wasser. Befülle den Kolbenprober 1 mit 100 ml Wasser aus dem Becherglas. Wenn die Apparatur dicht verschlossen ist, dann öffne die Hähne in folgender Reihenfolge: Zunächst den Hahn des Kolbenprobers 1, dann Hähne 1 und 2 der „Gasmaus“ sowie den Hahn des Kolbenprobers 2. Drücke mit dem Stempel des Kolbenprobers 1 das Wasser langsam in die „Gasmaus“ und verdränge somit das Biogas in den zweiten Kolbenprober.

Sobald die 100 ml Wasser umgefüllt sind, werden alle Hähne verschlossen. Das Biogas kann nun von Kolbenprober 2 am Dreiwegehahn der Apparatur zur Brennwertbestimmung übergeführt werden. Wiederhole den Vorgang so lange, bis die „Gasmaus“ vollständig mit Wasser gefüllt ist. Entleere bei jedem Vorgang den mit Gas gefüllten Kolbenprober in die Apparatur am Dreiwegehahn.

Verfahre nun zur Heizwertbestimmung des Biogases so, wie es oben für das Erdgas beschrieben ist; nämlich:

### Durchführung des Versuchs mit Biogas

Spüle die Apparatur mit dem Gas, indem es durch den Dreiwegehahn (Hahnstellung: oben-unten-Durchlass) in die Babyflasche geleitet wird. Öffne nun vorsichtig den Hahn des Scheidetrichters (es entwickeln sich nun Gasblasen im Wasser). Fülle die graduierte Babyflasche komplett mit Gas aus (erkennbar am Gasgeruch im Scheidetrichter). Schließe dann zunächst den Hahn des Scheidetrichters (Hahnstellung: kein Durchlass), dann den Dreiwegehahn (Hahnstellung: oben-rechts-Durchlass) und zuletzt den Gaszufuhrhahn. Das Gas ist nun in der Apparatur eingeschlossen.

Notiere die Anfangstemperatur des Wassers im Becherglas und fülle den Scheidetrichter gut zur Hälfte mit Wasser auf.

---

Eine Person öffnet zum einen den Dreiwegehahn (Hahnstellung: unten-rechts-Durchlass) und zum anderen sehr vorsichtig den Hahn des Scheidetrichters (Hahnstellung: oben-unten-Durchlass). Eine weitere Person entzündet parallel mit einem Streichholz das an der Glasspitze ausströmende Gas.

Notiere die Anfangszeit und reguliere die Flammenhöhe mit Hilfe des Dreiwegehahns auf ca. 1 cm.

---

Beobachte den Stand des Wasserspiegels in der Babyflasche. Schließe den Dreiwegehahn (Hahnstellung: oben-rechts-Durchlass), sobald ein Gasvolumen von 150 ml verbrannt ist bzw. der Wasserstand 150 ml beträgt. Notiere den Zeitpunkt zu dem die Gaszufuhr abgeschaltet wird.

---

Beobachte die Temperaturentwicklung des Wassers im Becherglas, bis sich die Temperatur auf ein Maximum eingestellt hat. Notiere die Endtemperatur des Wassers.

---

Wiederhole den Versuch ein weiteres Mal.

### Auswertung der Versuche zur Heizwertbestimmung

Fertige ein Temperatur-Zeit-Diagramm mit deinen Messwerten an. Ermittle graphisch die Temperaturdifferenzen. Berechne die Heizwerte von a) Erdgas und von b) Biogas mit Hilfe folgender Gleichungen.

$$Q = -\Delta T \cdot (m_{\text{Wasser}} \cdot c_{p \text{ Wasser}} + m_{\text{Glas}} \cdot c_{p \text{ Glas}})$$

$$H_u = \frac{Q}{m_{\text{Brennstoffprobe}}}$$

mit:  $c_p$  : spezifische Wärmekapazität

$m_i$  : Masse

$\Delta T$ : Temperaturdifferenz

$$c_{p \text{ Wasser}} = 4,19 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$c_{p \text{ Glas}} = 0,85 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$$

### Fehlerbetrachtung

---

---

---

---

---

# Explosionsfähigkeit eines Methan-Luft-Gemisches

## Geräte

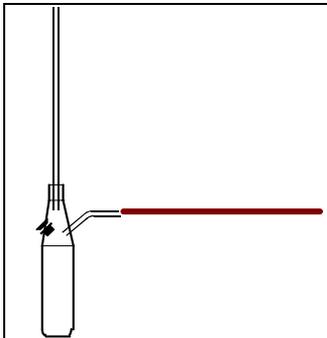
1,5 l Kunststoff-Getränkeflasche ohne Deckel, 70-90 cm langes Glasrohr ( $\varnothing$  10 mm), Gewebeklebeband, Stopfen, Stopfen mit Loch, Messer, Gummischlauch, gebogenes Glasrohr, Stativ mit 2 Muffen und Klemmen, Streichhölzer

## Chemikalien

Erdgas aus der Leitung (Methan: F<sup>+</sup>; R 12 S 9, 16, 33)

## Durchführung des Versuchs

Schneide mit dem Messer vorsichtig zwei zusätzliche Löcher in Stopfengröße oben in die Kunststoffflasche. Umwickle das Glasrohr an einem Ende so mit Gewebeklebeband, dass dieses Ende gerade in die obere Flaschenöffnung passt und dicht abschließt. Stecke das Glasrohr in die obere Flaschenöffnung und befestige das Glasrohr sowie die Plastikflasche am Stativ (Abzug). Verschließe ein Loch lose mit dem Stopfen. Verbinde das gebogene Glasrohr mit dem Gummischlauch und führe das Glasrohr durch den Stopfen, verschließe damit das zweite Loch der Flasche. Schließe das zweite Schlauchende an den Gashahn an.



Leite so lange Erdgas durch die Apparatur, bis die gesamte Luft der Flasche verdrängt ist. Schließe den Gashahn und entzünde sofort am oberen Ende des Glasrohres das Gas. Entferne möglichst gleichzeitig den durchbohrten Stopfen mit dem Gaseinleitungs-Glasrohr, so dass Luft in die Flasche eindringen kann. Schließe den Abzug, schalte das Licht aus und warte ab.

## Beobachtungen/Notizen

---



---



---



---



---

## Anhang/Extra-Arbeitsbogen

### Protokollbogen zur Bestimmung des Heizwertes von Erdgas und Biogas

Zeit [min]	Wassertemperatur [°C]			Zeit [min]	Wassertemperatur [°C]		
	Erdgas	Biogas			Erdgas	Biogas	
0				8.30			
0.30				9			
1				9.30			
1.30				10			
2				10.30			
2.30				11			
3				11.30			
3.30				12			
4				12.30			
4.30				13			
5							
5.30							
6							
6.30							
7							
7.30							
8							

<b>Zeitpunkt, an dem Erdgaszufuhr versiegt:</b>	
<b>Zeitpunkt, an dem Biogaszufuhr versiegt:</b>	

<b>Verbrauch Erdgas [ml]</b>	
<b>Verbrauch Biogas [ml]</b>	