

## Braunkohlekraftwerke als CO<sub>2</sub>-Quellen

### Aufgabe 1: Braunkohlekraftwerke im Rheinland

**a)** Einzelarbeit: Lesen Sie die Materialien M1-2 genau durch. Markieren Sie mindestens fünf Fachbegriffe (**blau**) und wichtige Inhalte (**grün**).

**b)** Partnerarbeit: Finden Sie passende Definitionen für die Fachbegriffe.

**c)** Vernetzen Sie die Fachbegriffe mit Hilfe der wichtigsten Inhalte grafisch untereinander. Sie können zwischen einer Mind Map, einem Fließschema oder einer Concept Map als Repräsentationsform wählen.

**d)** Recherchieren Sie die Verfasser des Materials M2. Beschreiben Sie die Ziele des BUND. Diskutieren Sie, welchen Einfluss dies auf den Ton des Artikels M2 hat.



**SprinterAufgabe:** Nehmen Sie die Perspektive eines Vertreters der Kohleindustrie ein und lesen Sie den zweiten Absatz von M2 erneut. Beschreiben Sie, welche Änderungen Sie an diesem Absatz vornehmen würden.

### Aufgabe 2: Braunkohlenförderung und CO<sub>2</sub>-Emissionen

**a)** Partnerarbeit: Beschreiben Sie Ihrem Partner das Material M3 mit Hilfe der angegebenen Redemittel M4.

**b)** Interpretieren Sie gemeinsam die Informationen aus dem Diagramm. Präsentieren Sie Ihre Ergebnisse im Anschluss im Kurs.

**c)** Diskutieren Sie Handlungsoptionen auf gesellschaftlicher, wirtschaftlicher und politischer Ebene um Kohlekraftwerke als CO<sub>2</sub>-Emitententen stärker einzuschränken.

### Aufgabe 3: Experimentell untersucht: Die Verbrennung von Kohle

Führen Sie den Versuch „Demoexperiment – Wieviel CO<sub>2</sub> entsteht bei der Verbrennung von Kohle?“ mit Hilfe des Arbeitsblatts (M5) durch. Formulieren Sie die Beobachtungen und die Auswertung zum Versuch.

## M1 Braunkohle und Bürgerprotest – Impressionen und Schlagzeilen

### Protestaktionen im Rheinischen Braunkohle-Revier

Im Rheinischen Braunkohlerevier haben Klimaschutz-Aktivisten am Samstag für ein sofortiges Ende der Stromerzeugung aus Kohle und Gas demonstriert. Die Polizei war mit einem Großaufgebot von Beamten aus mehreren Bundesländern im Einsatz.

Quelle: WDR 27.09.2020 Protestaktionen im Rheinischen Braunkohle-Revier - Nachrichten – WDR, letzter Zugriff 26.01.2021

### Weitere Proteste gegen Braunkohle am Tagebau

Klimaaktivisten haben an mehreren Orten in Nordrhein-Westfalen ihre Proteste gegen den Abbau von Braunkohle und den Abriss von Lützerath fortgesetzt. Erneut kam es zu Zusammenstößen mit der Polizei. Unter anderem wurden ein Bagger sowie Schienen und Zufahrtsstraßen blockiert. RWE kündigte Strafanzeigen an.

Quelle: ZEIT online 17.01.2023: <https://www.zeit.de/news/2023-01/17/bagger-und-gleise-kohle-gegner-setzen-protestaktionen-fort> (letzter Zugriff: 27.11.24). Bilder Globus: <https://www.flickr.com/photos/31484439@N04/45152933192>.



## M2 Informationstext



Braunkohle ist ein fossiler Brennstoff, der im Tertiär aus organischer Substanz durch Verrottung und Fäulnis entstand, wobei die organischen Stoffe zu braunen Humusstoffen umgewandelt wurden. Die Braunkohle im Rheinland hat einen Kohlenstoffgehalt von 40 %, einen Wassergehalt von über 50 % und der Anteil an unverbrennbarer Asche beträgt zwischen 3 % und 6 %. Ihr Heizwert gegenüber der Steinkohle ist um die Hälfte niedriger.

Braunkohle ist der klimaschädlichste aller Energieträger. Bezogen auf die Rohbraunkohle wird je verfeuerter Tonne etwa 1 t Kohlenstoffdioxid freigesetzt. In Nordrhein-Westfalen war die RWE Power AG in 2023 allein für den Ausstoß von etwa 60,6 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> verantwortlich. Der Großteil davon geht auf das Konto der drei Großkraftwerke Weisweiler, Neurath und Niederaußem. Neurath hat dabei nach der Inbetriebnahme, Niederaußem den Titel als "Deutschlands Klimakiller Nr. 1" abgejagt. Mehr als 22 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> jährlich pustet das Kraftwerk in die Atmosphäre.

Brennstoff	Heizwert kJ/ kg
Braunkohle	7.860 – 15.000
Steinkohle	29.000



Das Rheinland ist Braunkohleland: Die installierte Nettoleistung der deutschen Braunkohlenkraftwerke liegt bei 68 Gigawatt (GW). Mit etwa 7 Gigawatt entfallen davon mehr als 10 Prozent auf das Rheinische Revier. 82,4 Prozent der NRW-Bruttostromerzeugung werden hier generiert.

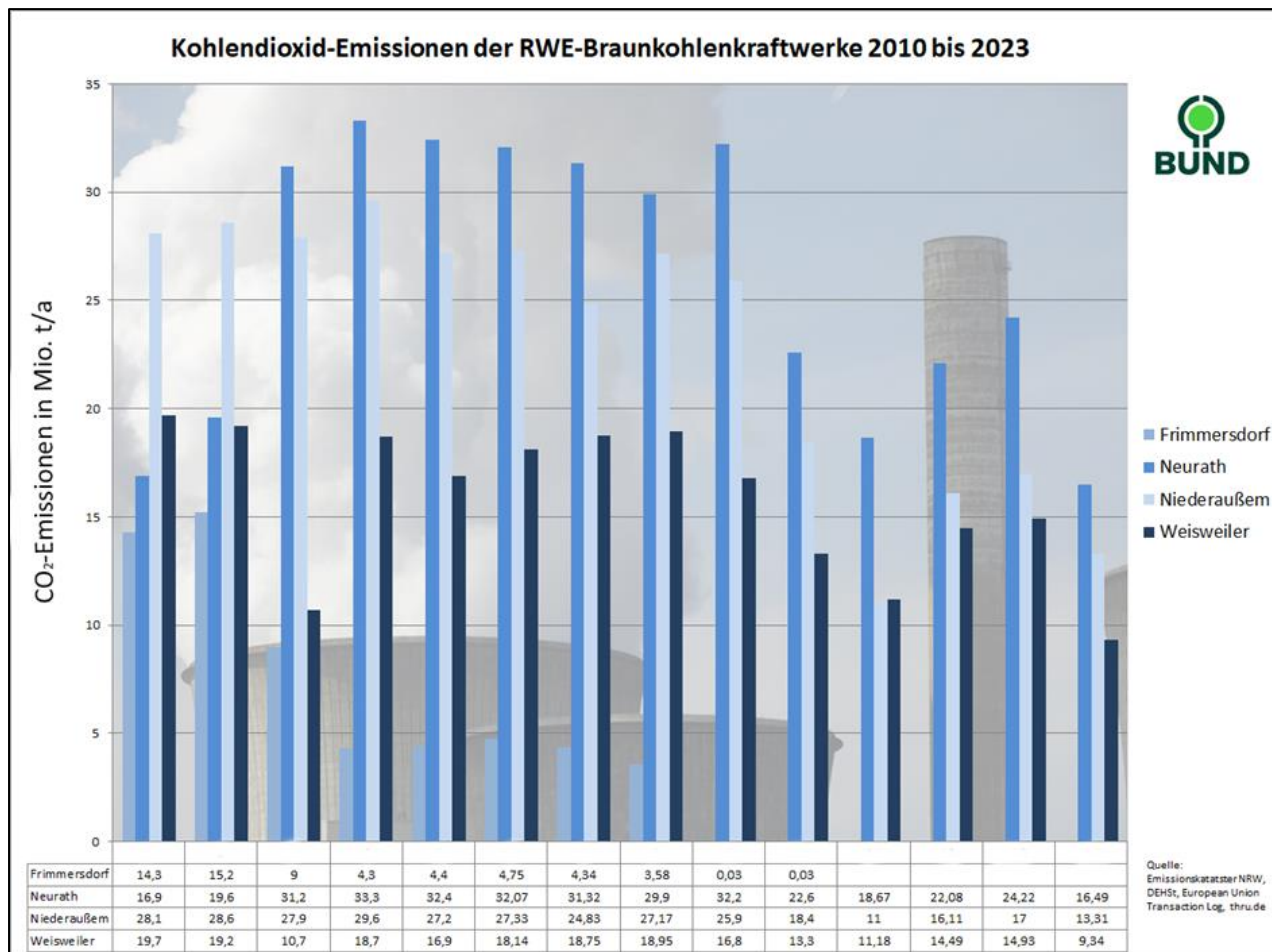
Kohlenstoffdioxid ist, das mit weitem Abstand wichtigste Treibhausgas und die Verstromung der Braunkohle leistet Deutschlands größten Beitrag zum menschengemachten Treibhauseffekt. Mittel- bis langfristig folgen dem Klimawandel erhebliche Auswirkungen auf die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften und es wird mit einem Rückgang der Biodiversität gerechnet. Was der Braunkohlentagebau an ökologischer Vielfalt übrig lässt, wird also mit einiger Sicherheit durch den Klimawandel weiter degradiert.



Wenn wir nicht den Raubbau durch die Braunkohlegewinnung einstellen und den Klimawandel durch einen radikalen Umbau der Energieerzeugungsstruktur abbremsen, wird unser Naturerbe weiter irreversibel geschädigt werden.

Quelle: zusammengefasst und gekürzt nach <https://www.bund-nrw.de/themen/braunkohle/hintergruende-und-publikationen/braunkohlenkraftwerke/kraftwerksstandorte/#c951> (letzter Zugriff 25.01.2021). Bilder Kohle [https://de.wikipedia.org/wiki/Braunkohle#/media/Datei:Lignite\\_Klingenberg.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Braunkohle#/media/Datei:Lignite_Klingenberg.jpg), Kraftwerk: Kraftwerk Buschhaus Luftbild (2007) - Helmstedter Braunkohlerevier – Wikipedia, Tagebau: File: Braunkohle-Tagebau.JPG - Wikimedia Commons (letzter Zugriff 28.01.2021).

### M3 Braunkohleförderung und CO<sub>2</sub>-Emissionen



### M4 Redemittel für die Arbeit mit Diagrammen

- 1) Worüber wird informiert?**  
 Das Diagramm gibt Auskunft über/thematisiert/gibt Informationen über...  
 Der Text stellt dar, wie.../zeigt, dass...  
 Aus der Quelle geht hervor.../ergibt sich, dass... /wie...
- 2) Woher kommen die Informationen? Wann wurden die Informationen gewonnen?**  
 ...wurde erstellt/herausgegeben von.../ entnommen ...aus dem Jahr...
- 3) Wie sind die Informationen dargestellt?**  
 Die x-Achse zeigt..., die y-Achse zeigt  
 Die Informationen sind in einem Säulen-, Balken-, Kreisdiagramm dargestellt.  
 Die Legende gibt Auskunft über...
- 4) Wie entwickeln/verändern sich die Daten?**  
 Der Anteil/die Zahl ist  
 gestiegen/angewachsen/gefallen/gesunken  
 ...hat sich im Zeitraum von ...bis...  
 verdoppelt/verdreifacht/verringert/vermindert
- 5) Wie kann man die Informationen interpretieren?**  
 Es scheint.../Ich glaube.../Ich denke.../Wahrscheinlich...  
 Aus dem Kurvenverlauf kann man ableiten, das...  
 Ich habe den Eindruck, dass...

### M5 Demoexperiment – Wieviel CO<sub>2</sub> entsteht bei der Verbrennung von Kohle?



**Geräte:** 250 mL Messzylinder, Reagenzglas (schwerschmelzbar/Duran) mit Stopfen und gebogenem Glasrohr, Bunsenbrenner, Glaswanne, Stativmaterial, Waage

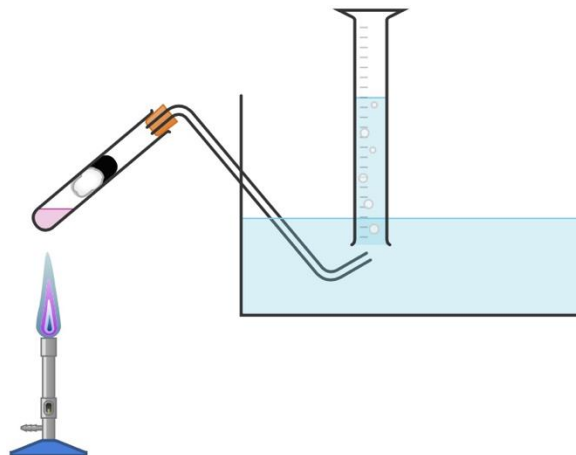


**Chemikalien:** Aktivkohle, C (0,05 g), Glaswolle, Wasser,  
Kaliumpermanganat, KMnO<sub>4</sub> (1 g)



**Gefahrenhinweise:** Arbeit nur unter dem Abzug und mit Schutzbrille!  
Tätigkeitsverbot für werdende und stillende Mütter!  
Beim Erhitzen besteht Glasbruchgefahr!

**Skizze:** Beschriften Sie den Versuchsaufbau, nachdem Sie die Durchführung gelesen haben.



#### **Durchführung:**

1. Geben Sie 1 g Kaliumpermanganat in das Reagenzglas und bedecken Sie die Kristalle mit einem Glaswollstopfen. Wiegen Sie 0,05 g trockene, gepulverte Aktivkohle ab und geben Sie diese auf den Glaswollstopfen.
2. Bauen Sie die Apparatur nach der Skizze auf und lassen sie diese abschließend von einer Lehrperson kontrollieren, bevor Sie beginnen.
3. Notieren Sie den Flüssigkeitsstand ihres Messzylinders oder machen Sie ein Foto mit Ihrem Handy.
4. Erhitzen Sie die Aktivkohle mit Hilfe des Brenners bis zum leichten Glühen. Erhitzen Sie anschließend das Reagenzglas heftig von unten.
5. Wenn keine weitere Gasentwicklung zu beobachten ist, nehmen Sie das Glasrohr aus dem Wasserbad, um Rücksaugeffekte zu verhindern.
6. Lesen Sie danach das Volumen an Gas am Messzylinder ab.
7. **Entsorgung:** Die Feststoffabfälle mit Natriumthiosulfat-Lösung reduzieren und in den Entsorgungsbehälter für Schwermetallabfälle geben.

Versuchsquelle: In Anlehnung aber abgewandelt nach Verbrennung von Kohle und Volumenbestimmung; Hack, D. Hauschild. Sequestrierung von CO<sub>2</sub> – eine projektorientierte Unterrichtseinheit für die Sekundarstufe I, Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule, 2011, 5/60, 11-16. Zeichnungen mit Chemix. 25% des Original- Ansatzes. Gefahrensymbole Degintu.



**Beobachtung:**

Notieren Sie ihre Beobachtungen in der Tabelle.

	Vor dem Versuch	Während des Versuchs	Nach dem Versuch
Flüssigkeitsstand des Messzylinders (Volumen in mL)			
Weitere Beobachtungen			

**Auswertung:**

1. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Verbrennung von Kohle.

2. Berechnen Sie, welche Masse an Kohlenstoffdioxid bei der Verbrennung von 0,05 g Aktivkohle (Kohlenstoff) entsteht. Wenn Sie möchten, können Sie die gestuften Hilfestellungen verwenden.
3. Vergleichen Sie den berechneten Wert mit Ihren Versuchsergebnissen und der täglichen CO<sub>2</sub>-Emission des Kraftwerks Neurath (etwa 60548 t/Tag). (Annahme: 1 L CO<sub>2</sub> wiegt 1,96 g)

4. Erläutern Sie die Funktion von Kaliumpermanganat bei der Reaktion. Formulieren Sie eine passende Reaktionsgleichung.

Beteiligte Reaktionsprodukte:  
 K<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>, MnO<sub>2</sub>,  
 K<sub>2</sub>MnO<sub>4</sub>

5. Vergleichen Sie die Vorgänge in einem realen Kohlekraftwerk mit dem Modellexperiment in einer Tabelle. Nutzen Sie Ihre Erkenntnisse aus dem Versuch und die Infokarte.

Vergleichskriterien	Modellexperiment	Kohlekraftwerk
Brennstoff		
Reaktionsbedingungen		
Entstehende Masse an CO <sub>2</sub>		
Ablaufende Reaktionen		



**Sprinteraufgabe:** Recherchieren Sie die Inhalte des Kohleausstiegsgesetzes der Bundesregierung und diskutieren Sie dessen Folgen. (Link: <https://www.bundestag.de/webarchiv/textarchiv/2020/kw27-de-kohleausstieg-701804>)

Gestufte Lernhilfen für 1)

<b>Aufgabe:</b> Berechnen Sie, welche Masse an Kohlenstoffdioxid bei der Verbrennung von 0,05 g Aktivkohle (Kohlenstoff) entsteht.	
<b>Stufe 1:</b> Stellen Sie die Reaktionsgleichung für die Verbrennung von Kohlenstoff auf.	$C (s) + O_2 (g) \longrightarrow CO_2 (g)$
<b>Stufe 2:</b> Sie wissen, dass eine Masse [m] von 0,125 g Kohlenstoff verbrannt wird. Berechnen Sie nun die Stoffmenge [n].	Sie benötigen die Formel: $M = \frac{m}{n}$
<b>Stufe 3:</b> Stellen Sie die Formel nach [n] um und setzen Sie die Werte ein.	$n(C) = \frac{m(C)}{M(C)} = \frac{0,05 \text{ g}}{12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,0042 \text{ mol}$
<b>Stufe 4:</b> Die Reaktionsgleichung (siehe Stufe 1) sagt aus, dass bei einem Einsatz von 0,01 mol Kohlenstoff auch 0,01 mol Kohlenstoffdioxid entstehen.	Annahme: n (C) entspricht n (CO <sub>2</sub> ) = 0,0042 mol. Berechnen Sie nun die zugehörige Masse an Kohlenstoffdioxid. Dazu brauchst du wieder die Formel $m = M \cdot n$ .
<b>Stufe 5:</b> Setzen Sie alle Werte in die Gleichung ein.	$m(CO_2) = M(CO_2) \cdot n(CO_2)$ $m(CO_2) = M(1 \cdot C + 2 \cdot O) \cdot 0,0042 \text{ mol}$ $m(CO_2) = M(1 \cdot 12 \text{ g/mol} + 2 \cdot 16 \text{ g/mol}) \cdot 0,0042 \text{ mol}$ $m(CO_2) = M 44 \text{ g/mol} \cdot 0,0042 \text{ mol}$ $m(CO_2) = 0,185 \text{ g}$
Nach der Berechnung entstehen bei der Verbrennung von 0,05 g Kohlenstoff genau 0,185 g Kohlenstoffdioxid. Vergleichen Sie den berechneten Wert mit Ihren Versuchsergebnissen.	
<small>Quelle: inspiriert und abgewandelt von der Idee von 3203_schritt_fuer_schritt_1_lernbox2_kohlenstoffdioxid_teil_2.pdf (lehrerfortbildung-bw.de)</small>	

Infokarte Kohlekraftwerk für 4)

In einem Kohlekraftwerk wird die in der Kohle chemisch gebundene Energie in elektrische Energie umgewandelt. Dabei wird Braun- bzw. Steinkohle mit Luft verbrannt und mit den dabei entstehenden Rauchgasen Wasserdampf erzeugt. Dieser kann daraufhin eine Dampfturbine antreiben und mit Hilfe eines Generators Strom erzeugen. Anschließend werden die verbleibenden Rauchgase als Abgas an die Umgebung abgegeben (siehe Abbildung). Überall, wo fossile Energieträger wie Kohle in elektrische oder thermische Energie (Strom- und Wärmeproduktion) umgewandelt werden, werden sogenannte „energiebedingte Emissionen“ freigesetzt. Die bei der Produktion in Kohlekraftwerken entstehenden Rauchgase enthalten neben dem Treibhausgas Kohlenstoffdioxid auch Schwefel- und Stickoxide.

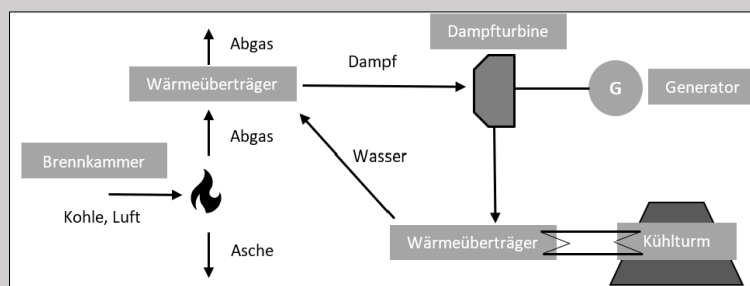


Abb. Schematischer Aufbau eines Kohlekraftwerks

## Quellen

### Abbildungen:

Protest und Kraftwerk:

[Braunkohlenkraftwerke im Rheinland - BUND NRW \(bund-nrw.de\)](https://www.bund-nrw.de/)

Tagebau:

[Braunkohle-Tagebau in NRW - Schwerpunkt Braunkohle - Archiv - WDR](https://www.wdr5.de/Archiv/Schwerpunkt-Braunkohle)

Braunkohle:

<https://braunkohle.de/braunkohle-in-deutschland/produkt-und-produktion/>

Bürgerprotest 2: [Friedlicher Protest gegen Straßenabriss am Tagebau Garzweiler - Rheinland - Nachrichten - WDR - Rheinland - Nachrichten - WDR](https://www.wdr5.de/Nachrichten/Rheinland-Nachrichten/Friedlicher-Protest-gegen-Straesenabriss-am-Tagebau-Garzweiler)

### Versuchsquelle:

In Anlehnung aber abgewandelt nach Verbrennung von Kohle und Volumenbestimmung: Hack, D. Hauschild. Sequestrierung von CO<sub>2</sub> – eine projektorientierte Unterrichtseinheit für die Sekundarstufe I, Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule, 2011, 5/60, 11-16. Zeichnungen mit Chemix. 25% des Original- Ansatzes. Gefahrensymbole Degintu

### Redemittel und Strukturierungshilfen zur Arbeit mit materialgebundenen Aufgaben:

Methode – Wortgeländer für Diagramme (Praxisband Leisen S.108/109), Lesestrategie 9 Den Text in eine andere Darstellungsform übertragen S.153

Gestufte Lernhilfen: inspiriert nach

[3203\\_schritt\\_fuer\\_schritt\\_1\\_lernbox2\\_kohlenstoffdioxid\\_teil\\_2.pdf \(lehrerfortbildung-bw.de\)](https://www.lehrerfortbildung-bw.de/3203_schritt_fuer_schritt_1_lernbox2_kohlenstoffdioxid_teil_2.pdf)