

F.15

Rohstoffe / Energiewirtschaft

Der Kohlenstoffkreislauf – fossile und nachhaltige Energie im Vergleich

Dr. Monika Pohlmann, Moritz Sterken



© RAABE 2025

© Ratana21/iStock/Getty Images Plus

Ihre Lernenden erarbeiten den globalen Kohlenstoffkreislauf, die Entstehung fossiler Energieträger und nachhaltige Alternativen wie das Power-to-Gas-Verfahren. Fächerübergreifendes Wissen wird kreativ in Explimity-Clips dargestellt, um Fach- und Medienkompetenz zu stärken. Die Einheit fördert naturwissenschaftliches Denken und eine kritische Auseinandersetzung mit der Energiewende und deren gesellschaftlicher Bedeutung.

KOMPETENZPROFIL

| | |
|----------------------|--|
| Klassenstufe: | 11/12/13 |
| Dauer: | 8–10 Unterrichtsstunden |
| Kompetenzen: | 1. Bewertungskompetenz; 2. Sachkompetenz; 3. Erkenntnisgewinnungskompetenz; 4. Kommunikationskompetenz |
| Methoden: | Stop-Motion-Film, Think-Pair-Share |
| Inhalt: | Kohlenstoffkreislauf, erneuerbare Energien, fossile Energieträger |

Fachliche Hinweise

Der Klimawandel ist so präsent wie nie. Die Temperatur der Meere und der Atmosphäre erhöht sich immer weiter und bricht regelmäßig neue Höchststände. Mit hoher Wahrscheinlichkeit sind die anthropogen produzierten Emissionen, die besonders bei der Erzeugung von Strom aus den fossilen Brennstoffen Erdgas und Kohle ausgestoßen werden, der Hauptgrund.

Eine Alternative zu fossilen Brennstoffen könnte die Stromerzeugung aus nachhaltigen Energiequellen, wie Sonne und Wind, in Kombination mit effektiven Speichersystemen sein. So könnten ausgesonderte Kohlekraftwerke zu Wärmespeicherkraftwerke umgebaut werden, welche die Energie aus erneuerbaren Quellen speichern könnten, wenn sie verfügbar ist. Die Abrufung der gespeicherten Energie könnte dann erfolgen, wenn keine Sonne scheint oder kein Wind weht. Die Speicherung der Energie erfolgt in Form von Flüssigsalz, das in Tanks gelagert werden kann. In sonne- und windarmen Phasen wird das heiße Salz dazu genutzt, Wasser zum Sieden zu bringen. Der heiße Wasserdampf treibt dann Turbinen an, die Strom erzeugen.

Eine weitere Speicherform von Energie, die in Deutschland bereits eingesetzt wird, beruht auf der elektrolytischen Spaltung von Wasser (H_2O) in seine Elemente Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2). Das Wasserstoffgas (H_2) steht dann als Energiequelle zur abgasfreien Verbrennung zur Verfügung und kann gespeichert werden. Dieses energieaufwendige Verfahren der Wasserstoffgewinnung lohnt sich allerdings nur dann, wenn überschüssiger Strom aus erneuerbaren Energien vorhanden ist. Mit der „Power-to-Gas-Technologie“ kann der Elektrolyse die Methanisierung nachgeschaltet werden. Aus dem „grün“ erzeugten Wasserstoff lässt sich synthetisches Erdgas, Methan, gewinnen. Dazu reagieren in zwei Schritten Kohlenstoffdioxid mit Wasserstoff zu Methan. Methan kann ebenso wie Wasserstoff direkt in Kraftwerke eingespeist oder gespeichert werden. Damit könnten über die speicherbaren Gase die Lücken der Erneuerbaren überbrückt werden.

Auf einen Blick

Der Kohlenstoffkreislauf

- M 1 Das Element Kohlenstoff
- M 2 Die Kohlenstoffspeicher der Erde
- M 3 Flussraten zwischen Kohlenstoffspeichern
- M 4 Antreiber der globalen Kohlenstoffflüsse

Benötigt: 2 Gläser
 1 Ball, der in die Gläser passt

Herkunft fossiler Energieträger

- M 5 Das Karbon oder Kohlezeitalter
- M 6 Inkohlung – Kohle entsteht
- M 7 Kohle als „Klimakiller“
- M 8 Erdöl und Erdgas

Benötigt: internetfähige Endgeräte

Energiewende?

- M 9 Sektorenkopplung
- M 10 Energiespeicher
- M 11 Primärenergieverbrauch in Deutschland 2020
- M 12 Technik eines Braunkohlekraftwerks
- M 13 Power-to-Gas-Technologie
- M 14 Standpunkte zum Wärmespeicherkraftwerk

Benötigt: internetfähige Endgeräte

Rollenspiel und Erklärvideo

M 15 Rollenspiel zu Kohle- zum Wärmekraftwerk

- Benötigt:**
- Geräte mit Video- und Tonaufzeichnungsfunktion
 - farbige Papierbögen
 - Scheren
 - Lichtquellen (Schreibtischlampen, o. Ä.)
 - Stativ, alternativ: 1 Pappkarton

Erklärung zu den Symbolen

| | | | |
|---|---|---|--------------------|
|  | Dieses Symbol markiert differenziertes Material. Wenn nicht anders ausgewiesen, befinden sich die Materialien auf mittlerem Niveau. | | |
|  | leichtes Niveau |  | mittleres Niveau |
| | |  | schwieriges Niveau |
|  | Zusatzaufgabe |  | Alternative |

Flussraten zwischen Kohlenstoffspeichern

M 3

Kohlenstoffflussraten zwischen den verschiedenen Kohlenstoffspeichern

| C-Quelle | Ziel | Konzept (... ist Ursache des Kohlenstoffflusses) | Flussrate Gigatonnen/Jahr |
|-------------------------------|------------|---|------------------------------|
| Vegetation | Atmosphäre | Atmung | 120 |
| Atmosphäre | Vegetation | Fotosynthese | 120 |
| Ozeane | Atmosphäre | Gasaustausch | 90 |
| Atmosphäre | Ozeane | Gasaustausch | 92 |
| Böden | Atmosphäre | Verwitterung | 0,2 |
| Atmosphäre | Böden | Verwitterung | 0,2 |
| Ozeane | Sedimente | Sedimentierung | 0,1 |
| Fossile Energie- träger | Atmosphäre | Verbrennung | 6,0 |
| Vegetation | Atmosphäre | Abholzung | 0,9 |

M 6 Inkohlung – Kohle entsteht

Inkohlung bezeichnet die Umwandlung von Pflanzenresten in Kohle. Die Inkohlung führt in Zeiträumen von Jahrmillionen von frischem Pflanzenmaterial zu Moorlagen, bestehen aus Huminsäuren und Torf, über Braunkohle und Steinkohle zum Anthrazit, in einigen Fällen sogar zum Graphit, einem Mineral, welches neben Ruß und Diamant eine natürliche Form von reinem, elementarem Kohlenstoff (C) ist. Die permanente Wasserstauung in einem Moor führt zu Sauerstoffmangel und bedingt so einen unvollständigen Abbau der abgestorbenen Pflanzenreste. Unter anaeroben Bedingungen findet damit kaum ein Abbau zu den Grundbausteinen, den Mineralien sowie Kohlendioxid statt. Es reichert sich organische Substanz an und bildet den Torf. Wenn der Wassergehalt des Torfes 75 % oder weniger erreicht, spricht man von Braunkohle. Damit eine Schicht aus einem Meter Braunkohle entsteht, muss sich über etwa 1000 Jahre lang Torf ansammeln. Der Inkohlungsprozess ist bei der Steinkohle noch ausgeprägter. Ist der Sedimentdruck so hoch, dass noch sehr viel mehr Wasser und Fremdstoffe aus dem Brennstoff gepresst werden, ist das Resultat eine Kohle mit einem höheren Anteil Kohlenstoff, die damit auch einen höheren Brennwert aufweist. In Form von Anthrazit ist Kohle besonders rein an Kohlenstoff. Der Anteil an Wasser und flüchtigen Bestandteilen nimmt je nach Dauer des Inkohlungsprozesses laufend ab, sodass der relative Anteil an Kohlenstoff zunimmt, der im Graphit sogar nahezu 100 % beträgt. Je länger die Inkohlung dauert, umso tiefer liegt das Sediment im Boden und umso größer ist der Anteil an Kohlenstoff.

Kohlenstoffgehalt fossiler Brennstoffe und Holz

| Brennstoff | Kohlenstoffgehalt in Gew. % |
|------------|-----------------------------|
| Torf | 55–64 |
| Braunkohle | 60–75 |
| Steinkohle | 78–90 |
| Anthrazit | 91,5 |
| Graphit | 100 |
| Holz | 46–51 |

M 15 Rollenspiel zu Kohle- zum Wärmekraftwerk

Rollenspiel

Sie sind verantwortlich für die Öffentlichkeitsarbeit im Energieunternehmen *Agathe Power AG*, in welchem darüber nachgedacht wird, mehrere Braunkohlekraftwerke in Wärmespeicherkraftwerke umzubauen. Deshalb hat die Unternehmensleitung Sie beauftragt, ein Erklärvideo zu erstellen, mit dem die *Agathe Power AG* Investoren anwerben und die zukunftssträngige Idee im gesamten Unternehmen präsentieren kann. Folgende Anforderungen stellt die Unternehmensleitung an den *Explainity-Clip*: (a) 30–60 s Dauer, (b) Legendechnik, (c) für Laien gut verständlich, dennoch nicht oberflächlich, (d) eindrucksvolle Präsentation der innovativen neuen Technik, (e) auch Verdeutlichung betroffenen biologischer Phänomene.

Gütekriterien im Feedbackbogen

| Das Erklärvideo ... | | | | |
|--|--|--|--|--|
| ... ist technisch sauber produziert: ausreichendes Licht, keine Störgeräusche, ruckelfrei etc. | | | | |
| ... verwendet einfache, klare Bilder: Icons, Symbole etc. | | | | |
| ... achtet auf die Bild-Ton-Schere: Bild und Ton ergänzen sich und passen inhaltlich zueinander; das Bild ist nicht nur eine Kopie des Wortes. | | | | |
| ... ist sachlich korrekt und enthält zentrale Inhalte. | | | | |
| ... ist nachvollziehbar und verständlich. | | | | |
| ... ist unterhaltsam und kreativ gestaltet. | | | | |

Mehr Materialien für Ihren Unterricht mit RAAbits Online

Unterricht abwechslungsreicher, aktueller sowie nach Lehrplan gestalten – und dabei Zeit sparen.
Fertig ausgearbeitet für über 20 verschiedene Fächer, von der Grundschule bis zum Abitur: Mit RAAbits Online stehen redaktionell geprüfte, hochwertige Materialien zur Verfügung, die sofort einsetz- und editierbar sind.

- ✓ Zugriff auf bis zu **400 Unterrichtseinheiten** pro Fach
- ✓ Didaktisch-methodisch und **fachlich geprüfte Unterrichtseinheiten**
- ✓ Materialien als **PDF oder Word** herunterladen und individuell anpassen
- ✓ Interaktive und multimediale Lerneinheiten
- ✓ Fortlaufend **neues Material** zu aktuellen Themen



Testen Sie RAAbits Online
14 Tage lang kostenlos!

www.raabits.de

