

K.3.33

Ökologie – Ökosystem

Kohlenstoffkreislauf und Energiewende durch nachhaltige Energie – *Explainity-Clips*

Dr. Monika Pohlmann, Moritz Sterken



© RAABE 2024

© SanderStock/iStock/Getty Images Plus

Ihre Lernenden erarbeiten und beurteilen in dieser Lerneinheit den globalen Kohlenstoffkreislauf sowie innovative, nachhaltige Alternativen zur Dekarbonisierung des Energiesektors wie das *Power-to-Gas-Verfahren* und Wärmespeicherkraftwerke, indem Aspekte der Biologie, Chemie und Physik miteinander verknüpft werden. Das naturwissenschaftliche Sachwissen wird in selbst gestalteten *Explainity-Clips* medienkompetent dargestellt.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe:	11/12/13
Dauer:	8–10 Unterrichtsstunden
Kompetenzen:	1. Bewertungskompetenz; 2. Sachkompetenz; 3. Erkenntnisgewinnungskompetenz; 4. Kommunikationskompetenz
Methoden:	Stop-Motion-Film, <i>Think-Pair-Share</i>
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 Hitzerekorde. Mit hoher Wahrscheinlichkeit sind die anthropogen produzierten Emissionen, die besonders bei der Erzeugung von Strom aus den fossilen Brennstoffen Erdöl, 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 in 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 Kohlenstoffoxide mit Wasserstoff zu Methan. Methan kann ebenso wie Wasserstoff direkt in Kraftwerke eingespeist oder gespeichert werden. Damit könnten über die speicherbaren Gase Energielücken der Erneuerbaren überbrückt werden.

Auf einen Blick

Kohlenstoffkreislauf

M 1 Der Kohlenstoffkreislauf

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

Biologische Herkunft fossiler Energieträger

M 2 Kohle als fossiler Energieträger

M 3 Erdöl und Erdgas

Energiewende?

M 4 Energiewende, aber wie?

M 5 Vom Braunkohlekraftwerk zum Gaskraftwerk durch *Power-to-Gas-Technologie*?

M 6 Wärmespeicherkraftwerk: Öffentliche Meinung, Politik und Wissenschaft

- Benötigt: Internetfähige Endgeräte

Rollenspiel und Erklärvideo

M 7 Vom Kohle- zum Wärmekraftwerk – Innovation für die Zukunft?

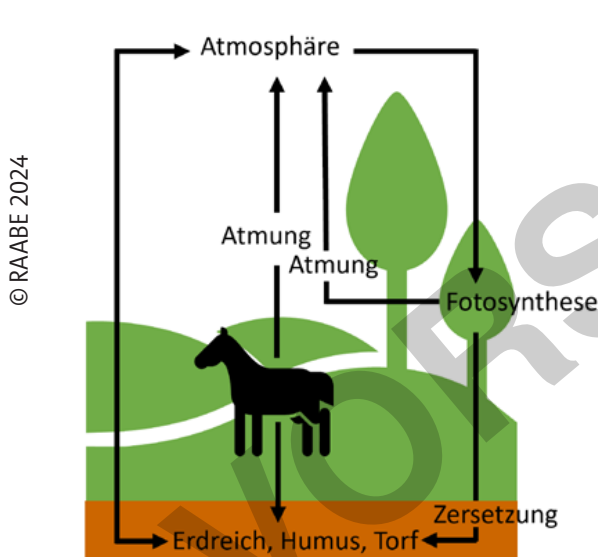
- Benötigt: Geräte mit Video- und Tonaufzeichnungsfunktion
 farbige Papierbögen
 Scheren
 Lichtquellen (Schreibtischlampen, o. Ä.)
 Stativ, alternativ: 1 Pappkarton

Der Kohlenstoffkreislauf

M 1

A: Das Element Kohlenstoff

Kohlenstoff (C) ist im Universum und auf der Erde ein relativ seltenes Element. Gibt man die Häufigkeit als Prozentangabe der Atomzahlenverhältnisse an, dann sind Wasserstoff (92,7 %) und Helium (7,2 %) die häufigsten Elemente im Universum, Kohlenstoff (0,008 %) dagegen selten. Die häufigsten Elemente der Erdkruste sind Sauerstoff, Eisen, Silicium und Magnesium. Auch hier kommt Kohlenstoff (0,099 %) nur mit einem geringen Anteil vor. Die häufigsten Elemente im menschlichen Körper sind Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff (10,7 %). Eine Entwicklung des Lebens auf Kohlenstoffbasis, wie es auf der Erde vorliegt, ist nur deshalb möglich, weil sich die Lebewesen die globalen Kohlenstoffkreisläufe zunutze machen und selbst wieder einen geschlossenen Kohlenstoffkreislauf erzeugen.



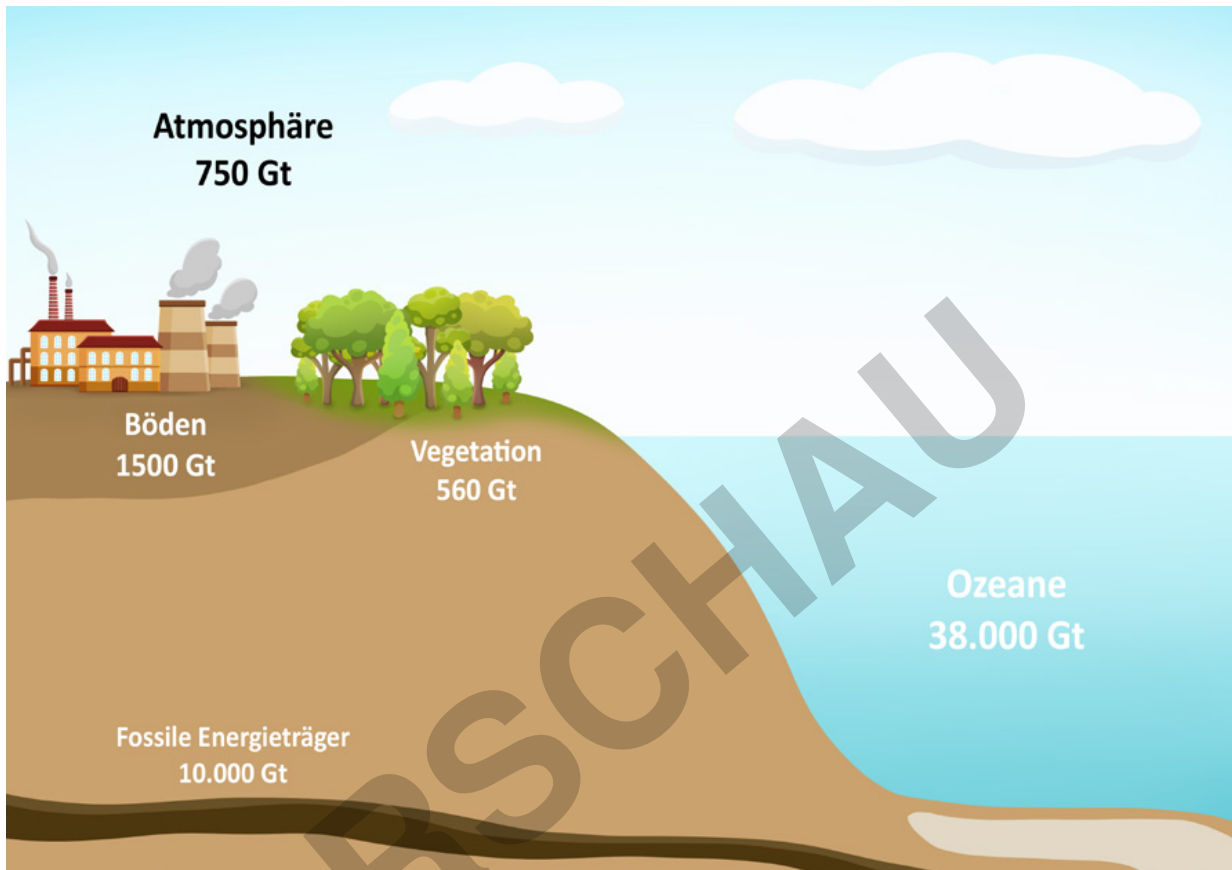
Biologischer Kohlenstoffkreislauf

Grafik: Redaktion Biologie

Auf der Makroebene des Systems Erde ist der Gesamtkohlenstoffgehalt konstant. Kohlenstoff kommt in jedem organischen Molekül vor und ist auch in Gesteinen, der Luft und im Meer zu finden. Dabei kann er in sehr unterschiedlichen Verbindungen vorliegen: als Gas, beispielsweise als Kohlenstoffdioxid (CO_2), als Kohlenhydrat, beispielsweise in Glukose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) oder auch im Kalk (CaCO_3). Ein einzelnes Kohlenstoffatom verbleibt nicht in einer Verbindung, sondern wird immer wieder in verschiedene Moleküle eingebaut. Diesen

Prozess beschreibt der globale Kohlenstoffkreislauf, der durch die Aktivität von Lebewesen maßgeblich angetrieben wird.

B: Die Kohlenstoffspeicher der Erde



© RAABE 2024

Grafik: Katharina Friedrich

Der globale Kohlenstoffkreislauf ist nur einer von mehreren Stoffkreisläufen, die es auf der Erde gibt, wie beispielsweise der Stickstoff- oder Phosphatkreislauf. Er beschreibt im Speziellen den Austausch von Kohlenstoffatomen zwischen verschiedenen Kohlenstoffspeichern. Dies kann man sich anhand einer Kugel (Kohlenstoffatom) und zwei Gläsern (Kohlenstoffspeicher) vorstellen: die Kugel ist entweder im ersten Glas oder im zweiten Glas. Sie kann sich aber auch für einen kurzen Moment zwischen diesen beiden Gläsern befinden, nämlich dann, wenn sie von einem in das andere Glas geschüttet wird.

Kohlenstoffspeicher sind die Biosphäre aus Tieren und Pflanzen, die Hydrosphäre, die die Ozeane darstellt, die Atmosphäre als Gasmantel der Erde sowie die Lithosphäre, zu der Böden und Sedimente zählen. Zwischen diesen Speichern herrscht ein konstanter Austausch

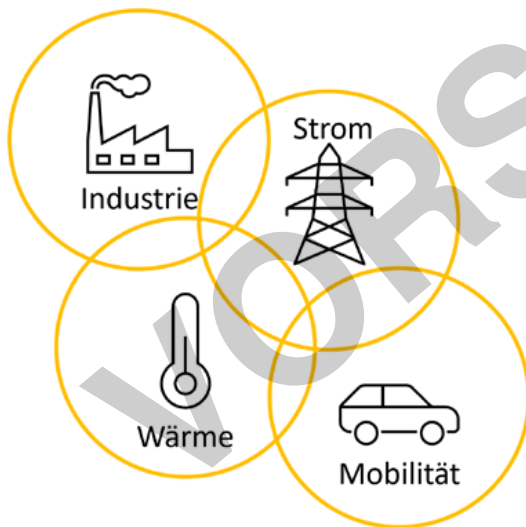
Energiewende, aber wie?

M 4

A: Sektorenkopplung

Darum geht's: Strom aus erneuerbaren Energiequellen einsetzen, um Wärme, Kälte und Antriebsenergie zu erzeugen. Ziel ist, fossile Energieträger zu ersetzen. Damit die Energiewende auch auf lange Sicht ein Erfolg wird, muss nicht nur der Stromsektor auf erneuerbare Energien umgestellt, sondern auch im Wärme-, Industrie- und Verkehrssektor stärker auf erneuerbare Energien gesetzt werden. Dies geschieht zum einen durch den unmittelbaren Einsatz von erneuerbaren Energien, wenn beispielsweise ein Haus mit Solarthermie geheizt wird. Zum anderen unterstützt der Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energiequellen dabei, die Energiewende in den anderen Sektoren voranzubringen. Wenn man diesen sauberen Strom nutzt, um in anderen Sektoren den Einsatz von fossilen Energien zu reduzieren, spricht man von Sektorenkopplung. Dieser Begriff steht demnach für die Verzahnung der vier wichtigsten Verbrauchsbereiche: Strom, Mobilität, Wärme und Industrie.

© RAABE 2024



Vernetzung der Sektoren Strom, Mobilität, Wärme und Industrie.

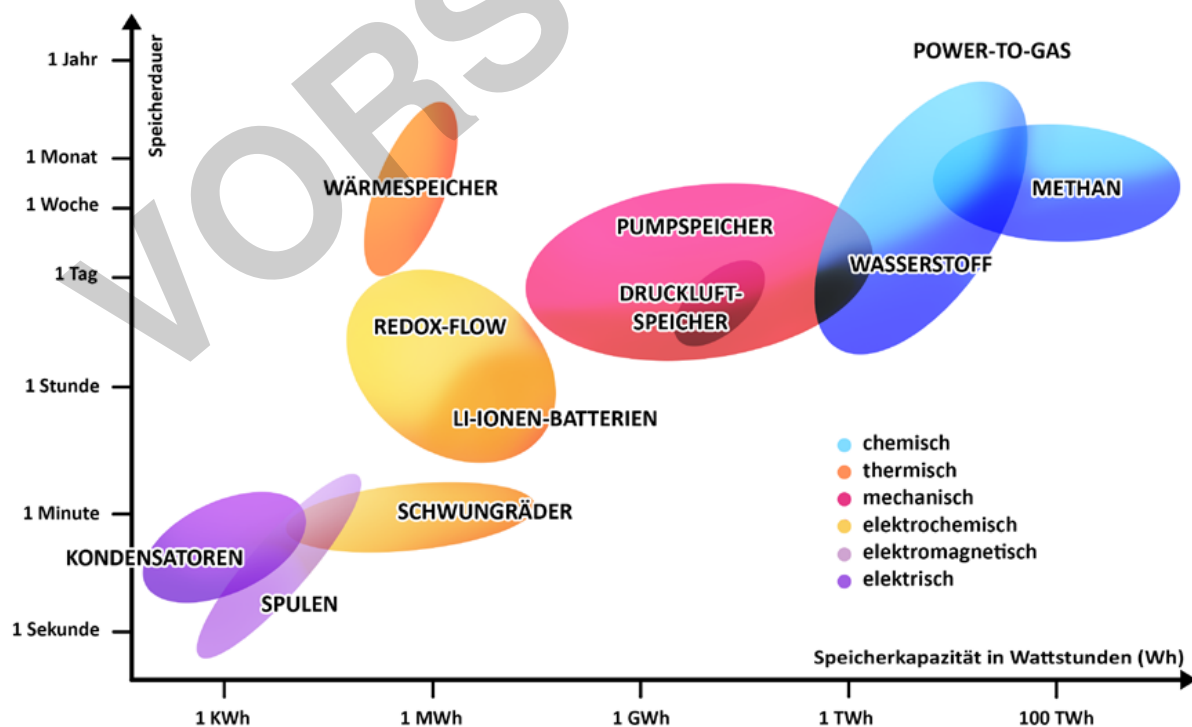
Grafik: Redaktion Biologie

B: Energiespeicher

Im Rahmen der Energiewende sollen in Deutschland bis 2035 etwa 55 % – 60 % und bis 2050 80 % des Stromes aus erneuerbaren Energien stammen. Dabei werden Windenergie und Photovoltaik die Hauptanteile stellen. Angesichts des wachsenden Anteils der erneuerbaren Energien muss das Stromsystem flexibler werden, damit die System- und Versorgungssicherheit gewährleistet bleibt.

Energiespeicher stellen dabei eine wichtige Option dar, um die Flexibilität der Energieversorgung zu erhöhen. So stellen Stromspeicher einen Ausgleich zwischen Erzeugung und Verbrauch her. Sie können in Zeiten mit viel Wind Strom aufnehmen, den sie in Zeiten von Flaute und bedecktem Himmel in das Netz einspeisen und bieten damit die Möglichkeit, Erzeugung und Verbrauch zeitlich zu entkoppeln.

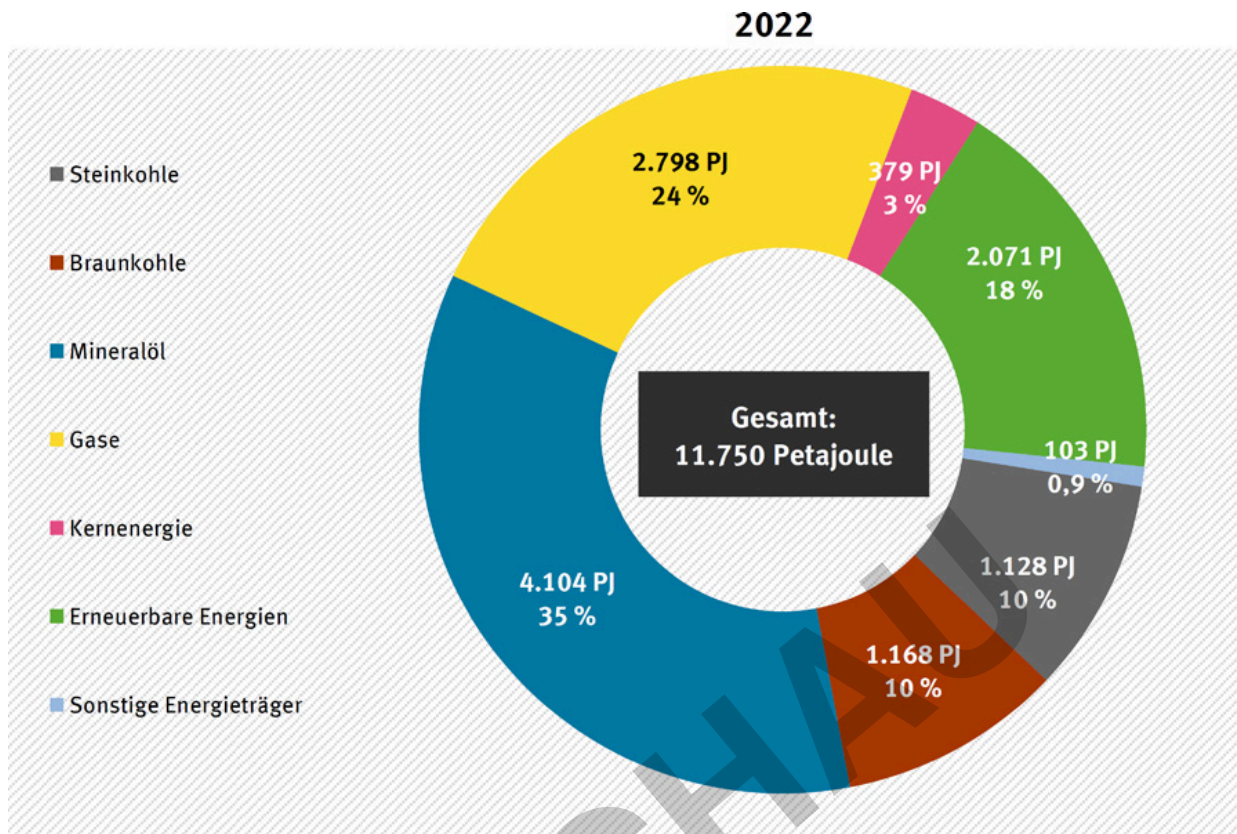
Bei Speichertechnologien wird zwischen Kurzzeit- und Langzeitspeichern unterschieden. Kurzzeitspeicher können innerhalb eines Tages mehrfach Energie aufnehmen und wieder abgeben. Sie bieten in der Regel nur ein begrenztes Speichervolumen. Langzeitspeicher sind dagegen in der Lage, elektrische Energie über mehrere Tage oder Wochen zu speichern, um Phasen einer langen Windflaute oder geringen Sonnenintensität zu überbrücken.



© RAABE 2024

Energiespeicher im Vergleich

Grafik: Katharina Friedrich



© Umweltbundesamt auf Basis Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen

Durch Elektrifizierung sinkt die Energieeffizienz, durch Modernisierung ist jedoch eine Effizienzsteigerung möglich. Wenn bei vollständiger Elektrifizierung mit der gleichen Menge Elektrizität mehr Leistung erbracht wird, lässt sich der Energieverbrauch senken. Die Energieeffizienz lässt sich steigern durch:

- Weniger Verluste: beispielsweise durch Haussanierungen mit besserer Dämmung oder Nutzung von Abwärme
- Effizientere Verbraucher: beispielsweise durch neue Kühlschränke oder neue Stahllöfen
- Effizienteres Verhalten: beispielsweise durch Wäscheständer statt Wäschetrockner oder ÖPNV statt Autos

Diese Maßnahmen zur Effizienzsteigerung gehen allerdings mit Verhaltensänderungen oder Investitionen einher. So kann der Energieverbrauch auch durch Genügsamkeit und Verzicht gesenkt werden, beispielsweise indem im Winter weniger geheizt wird. Die Energieeffizienz im Stromsektor verbessert sich seit Jahren um 1,1 % pro Jahr. Wenn dieser Trend fortgeführt wird, sinkt der Energieverbrauch bis 2050 um rund 39 %. Dadurch werden Verluste durch Sektorenkopplung und Speicherung fast vollständig ausgeglichen.