



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

WOHER KOMMT DIE DICKE LUFT?

CO₂-Emissionen und die Verursacher



EINLEITUNG

Woher kommt die dicke Luft? Seite 1/2

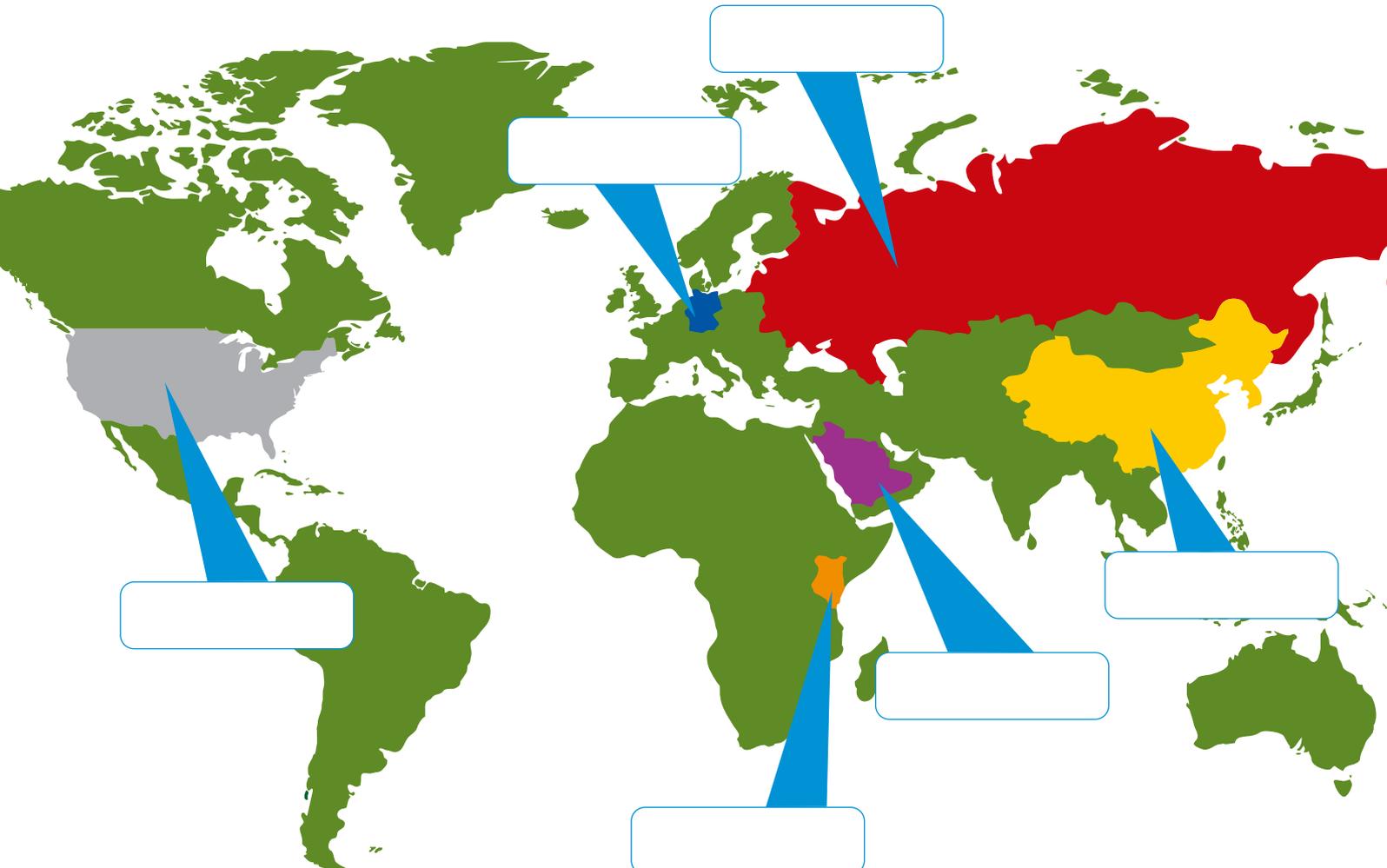


© 2006 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Felix hat eine eigenartige Weltkarte aufgehängt. Aysche, Viona und Manuel haben so eine Karte noch nie gesehen. „Energiewirtschaftliche Ländertypen“, liest Aysche Silbe für Silbe, „was ist das denn nun wieder?“ „Ich weiß es!“, ruft Manuel. „Das sind Länder, die vor allem von Energiewirtschaft leben! So wie andere von Landwirtschaft.“

„Da bist du aber auf dem Holzweg, mein Lieber!“, stellt Aysche fest und liefert gleich ihre Erklärung: „Die Farben stehen für die genutzten Energiequellen – Grün für Ökostrom zum Beispiel, Blau für Wasserkraft, Gelb für Sonnenenergie.“ Vionas Vorschlag führt in eine ganz andere Richtung. „Es geht vermutlich darum, welche Energie die Typen in der Wirtschaft aufwenden, um bei Mädchen zu landen!“ Mit diesem Kalauer liegt sie aber ebenso genial daneben. Felix löst das Rätsel nun auf: „Jedes Land der Erde hat seine ganz spezielle Art, Energie zu verbrauchen und dabei Erdöl, Erdgas und Kohle einzusetzen. Dabei ähneln sich viele, sodass Experten sie in diese sechs Gruppen eingeteilt haben.“

„Da sind jetzt aber nur sechs Länder markiert“, stellt Manuel fest. „Damit es etwas einfacher ist“, antwortet Felix. „Aus jeder Gruppe ein Beispiel: ein Land, das besonders viel Energie verbraucht und dabei CO₂ ausstößt. Ein Land, das besonders wenig verbraucht, weil es sehr arm ist. Ein Land, das zwar nicht viel verbraucht, das aber daran interessiert ist, dass die anderen viel verbrauchen.“ „Wartet mal“, ruft plötzlich Aysche und nimmt ein Spiel aus dem Regal. „Ich wusste doch, dass ich so eine Karte schon mal gesehen habe ...“



EINLEITUNG

Woher kommt die dicke Luft? Seite 2/2



© 2006 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Staat	CO ₂ -Ausstoß/Jahr*	Anteil am Welt- gesamtausstoß in Prozent (%)	Bevölkerung	CO ₂ -Ausstoß pro Kopf/Jahr
	5.652,3 Mio. t		289,424 Mio.	
	3.270,5 Mio. t		1.271,850 Mio.	
	1.503,1 Mio. t		144,752 Mio.	
	837,5 Mio. t		82,333 Mio.	
	301,0 Mio. t		21,285 Mio.	
	8,5 Mio. t		30,736 Mio.	

* 2002, Quelle: IEA

ARBEITSAUFTRAG:



1. Um welche Staaten handelt es sich? Tragt die Namen auf der Karte ein, ihr könnt einen Atlas zur Hilfe nehmen!
2. Die Art des Energieverbrauchs einzelner Länder hat Felix bereits charakterisiert. Ordnet den Aussagen von Felix die Namen zu.

a) Verbraucht besonders viel Energie und stößt viel CO₂ aus:

.....
b) Verbraucht besonders wenig, weil es sehr arm ist:

.....
c) Ist sehr interessiert daran, dass die anderen viel verbrauchen:

.....
Begründet eure Entscheidungen!

3. Die Tabelle zeigt die Rangfolge der Staaten beim CO₂-Ausstoß. Ordnet die Ländernamen zu! Wie hoch ist der prozentuale Anteil der Staaten am Gesamtausstoß von CO₂ in der Welt (24.101,8 Millionen Tonnen)? Rechnet aus und tragt die Ergebnisse in die Tabelle ein!
4. Errechnet den CO₂-Ausstoß pro Kopf in den sechs Staaten! Tragt die Ergebnisse in die Tabelle ein! Was stellt ihr fest? Diskutiert mit eurem Partner, wie die teils extremen Unterschiede zustande kommen und was sie über das Lebensniveau der Bevölkerung aussagen. Macht euch dazu Notizen im Heft.

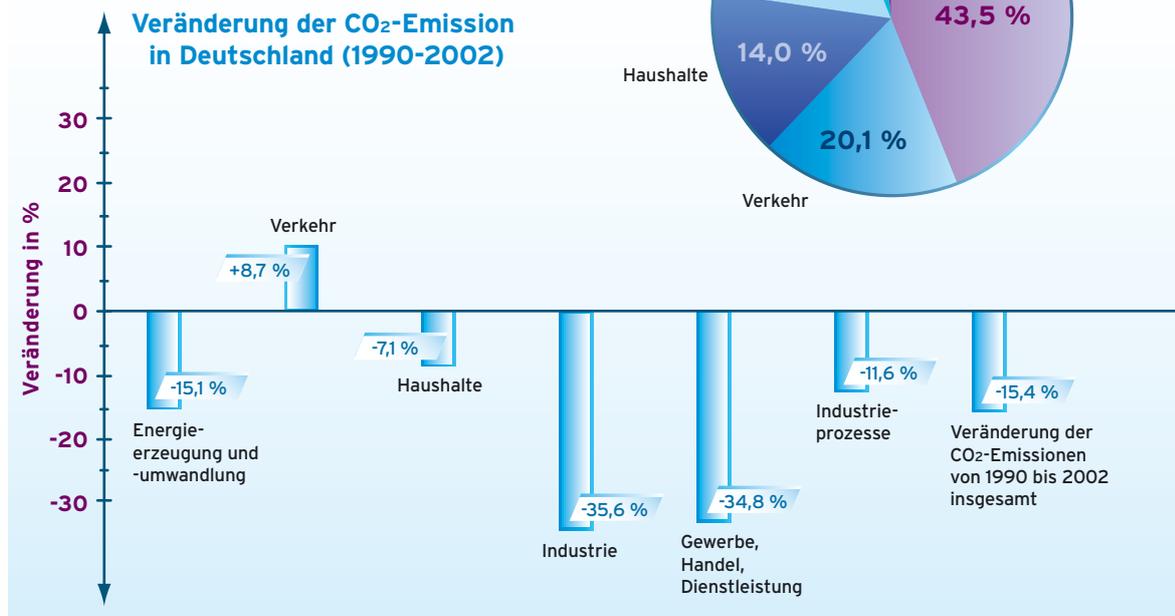
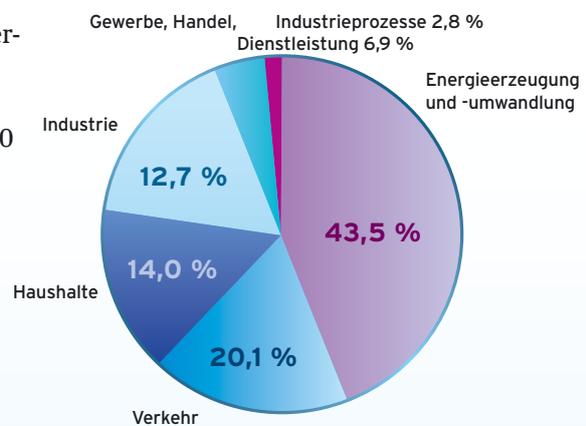
CO₂-AUSSTOSS IN DEUTSCHLAND



Wer denkt, dass nur die Industrie mit ihren Fabriken und Kraftwerken zu den großen Dreckschleudern zählt, ist nicht ganz auf dem Laufenden. Denn mit jeder Menge neuer Technik und etwas Druck von der Politik hat die Industrie einen wichtigen Schritt geschafft: Ihr CO₂-Ausstoß ist seit 1990 ordentlich gesunken, obwohl die Wirtschaft insgesamt gewachsen ist. Wenn man so will, hat die Industrie schon einen Knoten in ihren Schornstein gemacht.

Etwas anders sieht das bei den privaten Haushalten aus. Obwohl auch hier die Technik eigentlich immer besser wird, ist der CO₂-Ausstoß viel weniger gesunken. Und beim Verkehr ist er im Zeitraum von 1990 bis 2000 sogar noch angestiegen! Immerhin ist jetzt offenbar auch der Höhepunkt der Emissionen überschritten und erstmals seit Bestehen der Bundesrepublik sinken seit dem Jahr 2000 auch die CO₂-Emissionen im Verkehr.

Anteil an der CO₂-Emission in Deutschland (2002)



Quelle: DIW



Aufgabe:

Warum sinkt der CO₂-Ausstoß bei den Haushalten nur wenig und warum steigt er im Bereich Verkehr sogar? Findet insgesamt mindestens fünf Gründe!

CO₂-AUSSTOSS IN DEUTSCHLAND

Woher kommt die dicke Luft? Arbeitsblatt 1 Seite 2/3



© 2006 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Nicht nur die großen Fabriken und Kraftwerke blasen viele Treibhausgase in die Luft, auch jeder Haushalt, jede Familie steuert ihren Anteil bei. Aber wie viel ist das eigentlich? Am Beispiel von Auto, Stromverbrauch und Heizung wollen wir es ausrechnen.

1. Wie viel CO₂ erzeugt unser Auto?

Fragt Eltern und Geschwister, wie viele Kilometer ihr Auto im vergangenen Jahr gefahren wurde (k) und wie viel Liter Benzin oder Diesel es pro 100 Kilometer durchschnittlich verbraucht hat (BV). Tragt die Werte in die Tabelle ein. Ergänzt dann den Emissionswert (se) für den entsprechenden Motortyp:

Dieselmotor: $se_{\text{Diesel}} = 2,63 \text{ kg CO}_2/\text{l}$

Ottomotor: $se_{\text{Otto}} = 2,32 \text{ kg CO}_2/\text{l}$

zum Vergleich:

Erdgasmotor: $se_{\text{CH}_4} = 2,23 \text{ kg CO}_2/\text{kg Erdgas}$



	Auto	Kilometer pro Jahr (km/J)	Verbrauch in l/100 km (BV)	Benziner oder Diesel?	CO ₂ -Ausstoß pro Liter (se)	CO ₂ -Ausstoß pro Jahr in kg
Bsp.:	VW Lupo	12.500	3,0	Benziner	2,32 kg/l	870,0
Bsp.:	Opel Astra 1,4 Liter, 90 PS	12.500	6,3	Benziner		
Bsp.:	Ford Fiesta 1,4 Liter, 68 PS	12.500	4,4	Diesel		
Bsp.:	Opel Zafira 1,6 Liter, 97 PS	12.500	4,98 kg/100 km	Erdgas	2,23 kg/kg	
					Summe S_{Auto}	

Den CO₂-Ausstoß pro Jahr errechnet ihr schließlich mit der Formel:

$$S_{\text{Modell}} = \text{km/J} \cdot \text{BV} \cdot se_{\text{Motortyp}}/100$$

Tragt die Ergebnisse in die Tabelle ein! Gehören zu eurem Haushalt mehrere Autos, addiert ihr die Ergebnisse noch (die vier Beispiele natürlich nicht mitrechnen). Gibt es in eurem Haushalt kein Auto, fällt die CO₂-Bilanz entsprechend besser aus!

Aufgabe:

Wie ist es eigentlich um den CO₂-Ausstoß der Bahn und des Flugverkehrs bestellt? Informationen findet ihr für die Bahn unter: www.db.de/site/bahn/de/unternehmen/umwelt/umwelt.html > Umweltvergleich. Schaut auch unter den Menüpunkten EcoTransit und UmweltMobilCheck nach. Es lohnt sich! Daten zum Flugverkehr findet ihr unter: www.atmosfair.com > Emissionsrechner

2. Wie viel CO₂ entsteht durch den Stromverbrauch bei uns zu Hause?

Lest aus der Stromrechnung vom vergangenen Jahr den Gesamtverbrauch in kWh ab (SV) und tragt die Zahl hier ein:

SV = kWh

Die CO₂-Emissionen errechnet ihr mit der Formel:

$$S_{\text{Strom}} = \text{SV} \cdot se_{\text{Strom}} \quad (se_{\text{Strom}} = 600 \text{ g CO}_2/\text{kWh})$$

$S_{\text{Strom}} =$



CO₂-AUSSTOSS IM HAUSHALT



3. Wie viel CO₂ erzeugen unsere Öl-, Gas- bzw. Fernheizungen?

Lest aus der Abrechnung vom vergangenen Jahr den Verbrauch (WV) ab bzw. fragt eure Eltern. Tragt Zahl und Maßeinheit (Öl in Liter, Gas in Kubikmeter, Fernwärme in Kilowattstunden kWh) hier ein:

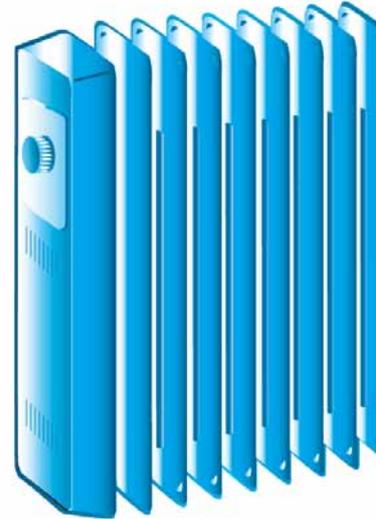
WV =

Die Formel ist analog der Formel beim Stromverbrauch. Erschließt sie selbst!

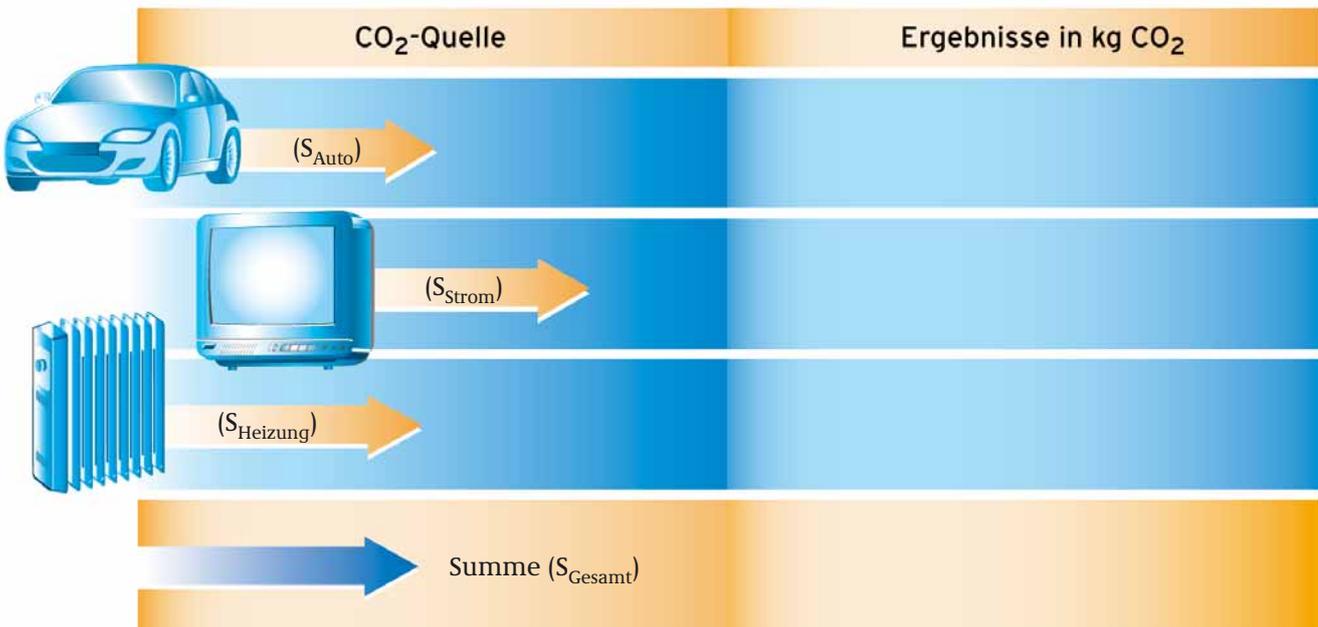
$S_{\text{Heizung}} =$

$S_{\text{Heizung}} =$

- Ölheizung: $se_{\text{Öl}} = 2,7 \text{ kg CO}_2/\text{l}$
- Gasheizung: $se_{\text{Gas}} = 2,0 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3$
- Fernwärme: $se_{\text{Fernwärme}} = 0,225 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}$



Wenn ihr die Ergebnisse aus den grauen Kästchen addiert, erhaltet ihr den gesamten CO₂-Ausstoß eures Haushalts.



Jetzt dividiert ihr noch die Summe durch die Zahl der im Haushalt lebenden Personen!

S_{Gesamt}	Summe: Anzahl Personen	= kg CO ₂ pro Person/Jahr
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

LÄNDER IM VERGLEICH

Woher kommt die dicke Luft? Arbeitsblatt 2 Seite 1/2



© 2006 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Wie viel CO₂ deine Familie pro Kopf verursacht, ist nun klar. Doch ist das viel oder wenig, zum Beispiel im Vergleich zum Durchschnittsverbrauch in Deutschland? Oder dann einer Chinesin, eines US-Amerikaners oder eines Kindes in Kenia? Kann man das überhaupt vergleichen? Die Länder haben doch ein extrem unterschiedliches Entwicklungsniveau! Zunächst einmal können die Emissionen pro Kopf generell verglichen werden:

Deutschland:

CO₂-Ausstoß/Jahr:
837,5 Mio. t

Bevölkerungszahl:
82,333 Mio.

CO₂ pro Kopf/Jahr:

 t

China:

CO₂-Ausstoß/Jahr:
3.270,5 Mio. t

Bevölkerungszahl:
1.271,850 Mio.

CO₂ pro Kopf/Jahr:

 t

USA:

CO₂-Ausstoß/Jahr:
5.652,3 Mio. t

Bevölkerungszahl:
289,424 Mio.

CO₂ pro Kopf/Jahr:

 t

Kenia:

CO₂-Ausstoß/Jahr:
8,5 Mio. t

Bevölkerungszahl:
30,736 Mio.

CO₂ pro Kopf/Jahr:

 t

ARBEITSAUFTRAG:



1. Errechnet den CO₂-Ausstoß pro Kopf in den vier Staaten! Tragt die Ergebnisse in die Tabelle ein! Was stellt ihr fest? Diskutiert, wie die teils extremen Unterschiede zustande kommen und was sie über das Lebensniveau der Bevölkerung aussagen.

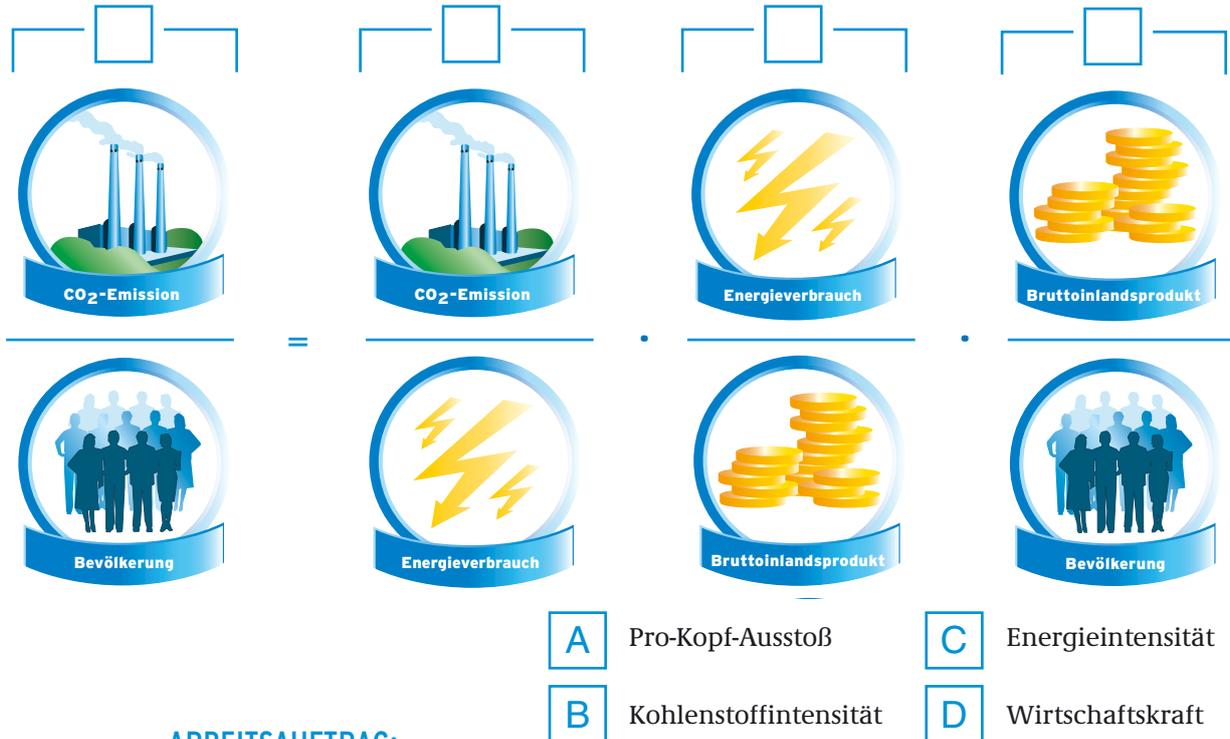
LÄNDER IM VERGLEICH

Woher kommt die dicke Luft? Arbeitsblatt 2 Seite 2/2



© 2006 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Um die Staaten besser vergleichen zu können, setzen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler den Pro-Kopf-Ausstoß nun noch zum Energieverbrauch und zur Wirtschaftsleistung (BIP) ins Verhältnis. Dies geschieht mit Hilfe der sogenannten Kaya-Formel:



ARBEITSAUFTRAG:

1. Ordnet die Buchstaben A bis D den jeweiligen Illustrationen zu!
2. Angenommen, Bevölkerungszahl und Wirtschaftsleistung (BIP) bleiben gleich. Wie müssen sich die Verhältnisse ändern, damit der CO₂-Ausstoß pro Kopf sinkt? Unterstreicht die richtige Lösung!
 Die Kohlenstoffintensität muss: *sinken / steigen*
 Die Energieintensität muss: *sinken / steigen*
3. Wie kann die Kohlenstoffintensität gesenkt werden? Kreuzt die richtige(n) Lösung(en) an!
 - a) Der Energieverbrauch steigt, der CO₂-Ausstoß steigt proportional oder stärker.
 - b) Der Energieverbrauch steigt, der CO₂-Ausstoß bleibt gleich oder sinkt.
 - c) Der Energieverbrauch sinkt, der CO₂-Ausstoß sinkt stärker.
4. Wie kann die Energieintensität gesenkt werden? Kreuzt die richtige(n) Lösung(en) an!
 - a) Das BIP steigt, der Energieverbrauch bleibt gleich.
 - b) Das BIP sinkt, der Energieverbrauch bleibt gleich.
 - c) Das BIP bleibt gleich oder steigt, der Energieverbrauch sinkt.

Zusatzaufgabe:

Was müssen die USA in Sachen Kohlenstoffintensität und Energieintensität unternehmen, um von ihrem Spitzenplatz beim CO₂-Ausstoß herunterzukommen?

AUF DIE CO₂-BREMSE TRETEN

Woher kommt die dicke Luft? Arbeitsblatt 4 Seite 1/2



© 2006 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit



Während Viona, Felix und Manuel noch nach unnötigen Stromfressern suchen, starrt Aysche auf die Formel (Arbeitsblatt 2). Wenn alle Geräte in Deutschland richtig ausgeschaltet werden und nicht im Stand-by bleiben, können zwei Atomkraftwerke sofort vom Netz genommen werden.



Da wird wirklich Energie gespart, die Energieintensität sinkt, die Energieeffizienz (auch Energieproduktivität genannt) steigt. Doch was ist mit der Kohlenstoffintensität??? Sinkt der Energieverbrauch, der CO₂-Ausstoß aber nicht, geht die Kohlenstoffintensität deutlich nach oben! Da kann es nur eine Lösung geben, denkt Aysche nach einiger Überlegung. Und die muss sie den anderen gleich mitteilen: „Ich stör euch ja nur ungern ...“



ARBEITSAUFTRAG:



1. Was meint Aysche mit „nur einer Lösung“? Schaut euch das Verhältnis, das die Kohlenstoffintensität darstellt, genau an! Diskutiert und notiert schließlich in einem Satz, was Aysche wahrscheinlich zu Viona, Felix und Manuel gesagt hat!

AUF DIE CO₂-BREMSE TRETEN

Woher kommt die dicke Luft? Arbeitsblatt 4 Seite 2/2



© 2006 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Auf Arbeitsblatt 1 habt ihr gesehen, dass der CO₂-Ausstoß allein beim Autofahren sehr hoch ist. Aber ganz aufs Auto zu verzichten, gelingt nicht vielen. Helfen könnten Motoren und Technologien, die den Ausstoß senken. Zur Wahl stehen derzeit: Motoren, die mit Biodiesel betrieben werden; Motoren, die weniger Sprit verbrauchen; Erdgasautos und Autos, deren Elektromotor aus einer Brennstoffzelle Strom bekommt. Aber bringt das wirklich was?

Antrieb	Fahrleistung (km/J)	CO ₂ -Ausstoß (kg) pro 100 km	CO ₂ -Ausstoß (kg) pro Jahr	Reduktion des CO ₂ -Ausstoßes	Pro	Kontra
Autotyp eures Haushaltes						
Biokraftstoff		CO ₂ -neutral	CO ₂ -neutral	100 %		
3-Liter-Auto (Dieselmotor)						
Erdgasantrieb						
Brennstoffzelle		0	0	100 %		

ARBEITSAUFTRAG:



- Übertrag die Werte km/Jahr, CO₂/100 km, CO₂/Jahr eines Autos eurer Familie von Arbeitsblatt 1 (dort Aufgabe 1) in die Tabelle. Habt ihr kein Auto, nehmt ihr einfach das Beispiel.
- Übernehmt die Kilometer pro Jahr für die anderen Antriebsarten und errechnet die Werte für CO₂/100 km und CO₂/Jahr beim 3-Liter-Auto und beim Erdgasauto! (Emissionswerte: $se_{\text{Diesel}} = 2,63 \text{ kg CO}_2/\text{l}$, $se_{\text{Otto}} = 2,32 \text{ kg CO}_2/\text{l}$, $se_{\text{Erdgas}} = 150 \text{ g CO}_2/\text{km}$)

Hinweis: Berechnet wird nur der CO₂-Ausstoß während der Fahrt, also nicht für die Herstellung des Kraftstoffs bzw. Energieträgers.

- Um wie viel Prozent wird der CO₂-Ausstoß jeweils reduziert? Rechnet das aus und tragt die Ergebnisse auch in die Tabelle ein!
- Diskutiert Pro und Kontra der fünf Möglichkeiten! Hier muss der CO₂-Aufwand für die Herstellung des Energieträgers mit einfließen.

ENERGIESPAREN – KLIMA SCHÜTZEN



Woher kommt die dicke Luft? Arbeitsblatt 5 Seite 1/1

© 2006 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit



„Das dauert ja noch Jahre!“, regt sich Manuel auf. „Und direkt Einfluss nehmen können wir darauf ja wohl auch erst einmal nicht!“ „Wieso nicht?“, fragt Aysche. „Na, kannst du mal eben ein 3-Liter-Auto entwickeln?“ „Nicht direkt ...“ „Eben!“ Da mischt sich Viona ein: „Es gibt ja noch andere Möglichkeiten, sofort etwas zu tun.“ „Was können wir schon machen“, winkt Manuel ab. „Einer, der es wissen muss, hat mal gesagt: Das wenige, das du tun kannst, ist viel“, gibt Viona bedeutungsvoll von sich.* Aysche verzieht das Gesicht und sagt: „So ganz neu ist der Spruch ja nicht. Und auch schon ganz schön abgegriffen.“ „Na und, ist er deshalb falsch?“

(* Viona zitiert Albert Schweitzer)

Wo?	Was?	bisher	in Zukunft	Sparpotenzial
Schulweg	Benzin/Diesel	von Mutti gefahren	mit dem Rad fahren	100%

ARBEITSAUFTRAG:

1. Gebt euch gegenseitig Tipps, wie ihr den Energieverbrauch in Deutschland senken könnt! Tragt in eurer Gruppe Beispiele aus Haushalt, Schule und Freizeit zusammen für die Bereiche

- Strom sparen
- Sprit sparen
- Heizenergie sparen

Schreibt eure Tipps in die Tabelle ein!

Veröffentlicht eure Ergebnisse auf einer Wandzeitung, in der Schülerzeitung, auf der Homepage der Schule, in anderen Medien ...

