



Universität Potsdam

Angelika Liermann, Bernd Meier

Klimawandel fordert Bilanz und Konsequenzen : Energie- und CO₂-Bilanz ermitteln

first published in:
Unterricht Arbeit + Technik. - 10 (2008), 38, S. 56 - 61

Postprint published at the Institutional Repository of the Potsdam University:
In: Postprints der Universität Potsdam
Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Reihe ; 033
<http://opus.kobv.de/ubp/volltexte/2010/4621/>
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:kobv:517-opus-46213>

Postprints der Universität Potsdam
Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Reihe ; 033

Klimawandel fordert Bilanz und Konsequenzen

Energie- und CO₂-Bilanz ermitteln

Die aktuelle Diskussion zum Klimawandel zielt auf eine deutliche Senkung des Energiebedarfes und des damit verbundenen CO₂-Ausstoßes. Führen die drastischen Preiserhöhungen für Elektroenergie, Erdgas und Kraftstoffe zunächst zu den Fragen „Wo finde ich preisgünstigere Anbieter?“ und „Wie und wo kann ich Energie einsparen?“, so bewirkt die Klimadebatte Fragen wie: „Wie viel CO₂-Ausstoß ist mit der Nutzung einzelner Geräte, Fahrzeuge oder allgemein mit verschiedenen Lebensstilen verbunden?“ und „Wie kann der Kohlenstoffdioxidausstoß verringert werden?“. Energiebedarf und CO₂-Ausstoß beziehen sich auf die gesamte Lebenslinie eines Produktes, von der Herstellung über die Nutzung bis hin zur Entsorgung.

Energiebilanz im Unterricht

Energiebilanzen sind auf unterschiedlichen Ebenen möglich: für Personen, Haushalte, Nationen und Volkswirtschaften sowie global. Sie beziehen sich auf einen festgelegten Zeitraum, ein Jahr. Neben präzise messbaren Werten müssen auch vielfach Schätzungen zugrunde gelegt werden. Im Unterricht sollte als erster Zugang der Energiebedarf der Familie ermittelt werden. Aus Gründen der didaktischen Vereinfachung bietet es sich an, die Werte für die Hauptgruppen des Energiebedarfs eines Haushaltes in einer Tabelle zusammenzufassen und daraus den Pro-Kopf-Verbrauch zu ermitteln.

Arbeitsblatt 1 beinhaltet zunächst ein Beispiel zur Illustration des Lösungswegs. Der Bedarf der Familie an Nutzenergie für das vergangene Jahr wurde auf der Basis von Abrechnungen der Energieversorger und aus dem Tachometerstand des Autos ermittelt.

Ziel: Jährlich zwei Tonnen CO₂-Ausstoß pro Kopf

Klimaverträglich wäre ein Pro-Kopf-Ausstoß von zwei Tonnen im Jahr, das sind knapp 6 kg am Tag – ein weiter Weg!?

Der Kohlenstoffdioxidausstoß pro Kopf liegt derzeit in Deutschland bei etwa 11.000 Kilogramm im Jahr, das sind rund 30 kg am Tag. Damit liegt Deutschland deutlich über dem weltweiten Durchschnitt von ca. 3.800 kg. Die Spitze führen die USA mit etwa 20.000 kg pro Jahr an.

Die Beispielfamilie besteht aus drei Personen. Die Rechnung des Energieversorgers weist 3.300 kWh für ein Jahr aus. Für die Zentralheizung wurden 1800 Liter Heizöl verbraucht. Mit dem Auto hat die Familie insgesamt 20.000 km zurückgelegt. Das Auto benötigt im Durchschnitt acht Liter Benzin auf 100 km. Das ergibt einen Kraftstoffverbrauch von 1.600 Litern.

Um die in den Energieträgern enthaltene Energie in eine einheitliche Maßeinheit umzurechnen, multiplizieren wir die Werte mit den angegebenen Umrechnungsfaktoren. In der Summe ergibt sich für die Beispielfamilie ein Endenergiebedarf von 43.300 kWh.

Bei der Energieumwandlung von der Primärenergie in Nutzenergie treten immer Verluste auf. Die unterschiedlichen Wirkungsgrade sind in den entsprechenden Verlustfaktoren berücksichtigt. Beispielsweise wird für die beim Endkunden ankommende Elektroenergie 3,33-mal mehr Primärenergie im Kraftwerk benötigt. Für die Beispielfamilie ergeben sich nach der Berechnung insgesamt 53.100 kWh Primärenergie. Zum Vergleich des Ergebnisses mit dem statistischen Durchschnittswert pro Kopf der Bevölkerung für Deutschland ist nun dieser Wert noch durch die Anzahl der Personen in der Familie zuteilen. Für die Beispielfamilie ergibt sich mit drei Personen ein Wert von 17.700 kWh pro Kopf. Der Energieaufwand für Urlaubsreisen,

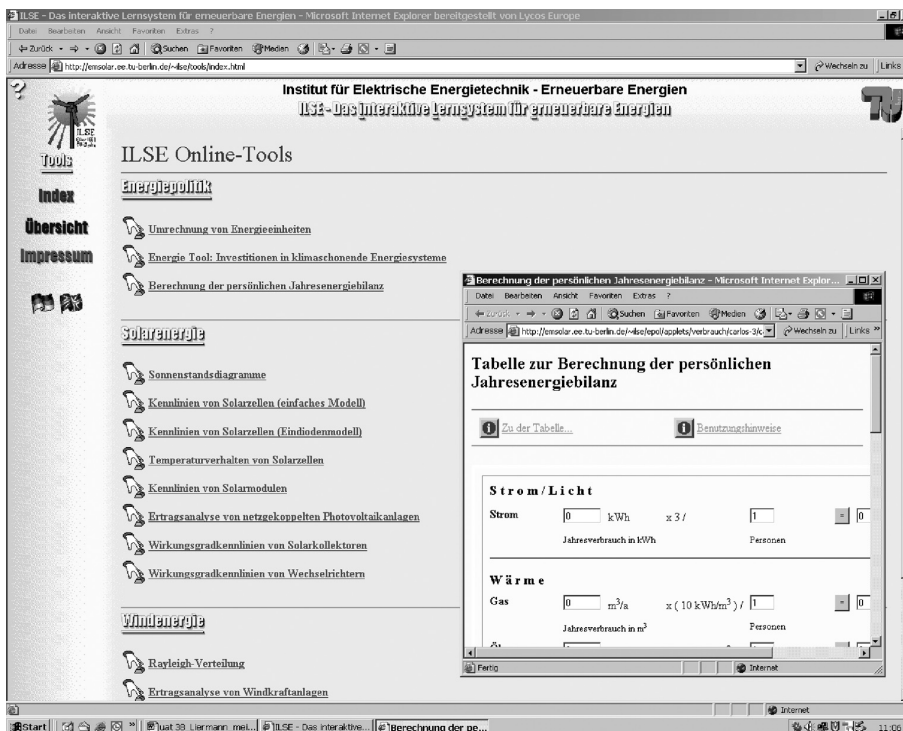


Abb. 1: Bildschirmsicht von ILSE <http://emsolar.ee.tu-berlin.de/~ilse/tools/index.html>

Fahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln, Nahrungszubereitung in Kantinen oder Gaststätten, Elektroenergie für Beleuchtung in der Schule und Ähnliches sind darin nicht enthalten. In Deutschland werden jährlich etwa 50.000 kWh Primärenergie pro Kopf der Bevölkerung benötigt.

Das Internet bietet verschiedene Möglichkeiten seinen persönlichen Energiebedarf zu ermitteln. Für den Unterricht wurde Software zur Bilanzierung ausgewählt. Die Nutzung und Handhabung der Programme ist unterschiedlich. Einige erfordern sehr konkrete Eingabedaten, so dass Abrechnungen der Energieversorger, der Mietnebenkosten, des Reiseverhaltens vorliegen sollten. Andere Programme beziehen sich auf die gesamte Familie oder auf Einzelpersonen. Die Auswertung erfolgt verbal oder in tabellarischer bzw. grafischer Darstellung der Ergebnisse. Alle Programme bieten einen Vergleich der persönlichen Werte mit dem Landesdurchschnitt, einige sogar einen Vergleich mit einzelnen Regionen, Wirtschaftsräumen oder der Welt insgesamt. Geboten werden außerdem konkrete Vorschläge zu einem bewussteren Umgang mit Energie, zur Veränderung des Verhaltens, zum Austausch von Geräten, bis hin zu Vorschlägen zu baulichen Veränderungen am Haus oder der Wohnung.

Besonders empfehlenswert ist hier das Programm ILSE von der TU-Berlin (1). Es hat für die Nutzung an Schulen den Vorteil, dass man es kostenlos herunterladen und offline nutzen kann. Es ermöglicht zwar zunächst nur die Erstellung einer Energiebilanz, darüber hinaus werden aber auch die entsprechenden Daten zur Berechnung von CO₂-Emissionen geboten. Das Programm bietet weitere umfangreiche Möglichkeiten für die Bearbeitung von Themen aus dem Bereich Energiepolitik und erneuerbare Energien. Ebenfalls sehr empfehlenswert ist das Programm Ecocheck vom österreichischen Lebensministerium (2), auf das weiter unten noch eingegangen wird.

Von der Energie- zur CO₂-Bilanz

Die Bereitstellung von Energie aus fossilen Energieträgern ist in der Regel mit der Verbrennung dieser Energieträger verbunden. Bei der Verbrennung verbindet sich der in den Energieträgern enthaltene Kohlenstoff mit Sauerstoff zu Kohlenstoffdioxid. Kohlenstoffdioxidmoleküle bestehen aus einem Atom Kohlenstoff und zwei Atomen Sauerstoff (CO₂).

Ein Mol Kohlenstoff reagiert mit einem Mol molekularem Sauerstoff zu einem Mol Kohlenstoffdioxid. Mit der relativen Atom-

Was ist Kohlenstoffdioxid (CO₂) und wie entsteht es?

Bei der Verbrennung verbindet sich der enthaltene Kohlenstoff mit Sauerstoff zu Kohlenstoffdioxid $C + O_2 \longrightarrow CO_2$.

Kohlenstoffdioxid ist unsichtbar. Es ist ein farbloses, geruchloses und nicht brennbares Gas, das etwa um den Faktor 1,5 dichter als Luft ist. Das Gas zählt zu den natürlichen Bestandteilen der Luft. Lebewesen nehmen es aus der Luft auf und atmen es wieder aus oder wandeln es um. Insbesondere Pflanzen zerlegen das Kohlenstoffdioxid durch Fotosynthese. Der Kohlenstoff wird für den Aufbau der Biomasse benötigt. Bei ihrer Zersetzung gelangt es wieder in die Atmosphäre. Dieser Vorgang ist natürlich und beeinflusst das Klima nicht.

In der Atmosphäre wirkt Kohlenstoffdioxid wie das Glas in einem Gewächshaus: Sonnenlicht fällt herein, aber die Wärme kommt nicht wieder hinaus. Das kommt dadurch, dass Atmosphäre in hohem Maß durchlässig für einfallende kurzwellige Sonnenstrahlung ist, die von der Erdoberfläche absorbiert wird. Als langwellige Wärmestrahlung wird sie von hier wieder an die Atmosphäre abgegeben. Befinden sich jedoch so genannte Treibhausgase wie Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid, Methan, Stickoxide oder Ozon in zu hoher Konzentration in der Atmosphäre, kann die Wärmestrahlung nicht mehr komplett ins Weltall abgestrahlt werden. Sie wird in der Atmosphäre absorbiert, was zu einer globalen Erwärmung führt. In den vergangenen 100 Jahren ist es – sehr wahrscheinlich aufgrund der Treibhausgase – zu einem globalen Temperaturanstieg von 0,3 bis 0,6 °C gekommen.

masse von Kohlenstoff und Sauerstoff und der AVOGADRO-Zahl (gibt die Anzahl der Atome bzw. Moleküle pro Mol an) kann man die Masse des CO₂ berechnen.

- AVOGADRO-Zahl: $6,02214 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- relative Atommasse von C: 12,01
- Molmasse von C: 12 g/mol
- relative Atommasse von O: 15,999
- Molmasse von O: 16 g/mol
- relative Molekülmasse von O₂: 31,998
- Molmasse von O₂: 32 g/mol
- rel. Molekülmasse von CO₂: 44,008
- Molmasse von CO₂: 44 g/mol

Zur Erläuterung: Ein Kohlenstoffatom (C¹²-Isotop) besteht aus 6 Protonen, 6 Neutronen und 6 Elektronen. Die Masse des Kohlenstoffatoms kann man aus $m_C = 6 \cdot m_p + 6 \cdot m_n + 6 \cdot m_e$ ermitteln.

- Mit
- $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
= Masse eines Protons
- $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
= Masse eines Neutrons
- $m_e = 9,1094 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
= Masse eines Elektrons
- erhält man
- $m_C = 2,009 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$.

Mit $6,02214 \cdot 10^{23}$ Kohlenstoffatomen pro Mol ergibt sich eine Molmasse von 12 g/mol für Kohlenstoff.

Reagiert 1 kg Kohlenstoff, das entspricht 83 mol, entstehen 3,67 kg CO₂.

Wissen wir, wie viel Kohlenstoff im Brennstoff enthalten ist, kann die bei der Verbrennung (chemischen Reaktion) entste-

hende CO₂-Menge berechnet werden.

Eine anschauliche Darstellung liefert das Video „Wieviel CO₂ produziert ein Auto? Keine Angst vor Chemie“ der WDR-Serie „Quarks & Co“ vom 30.01.2007, das kostenfrei im Internet heruntergeladen werden kann:
www.wdr.de/tv/quarks/sendungsbeitraege/2007/0130/006_klima.jsp

CO₂-Emission verschiedener Energieträger bei vollständiger Umsetzung:

- Steinkohle 3,000 kg/kg
- Braunkohle 2,580 kg/kg
- Gas 1,968 kg/m³
- Heizöl 2,960 kg/l
- Benzin 2,459 kg/l
- Diesel 2,743 kg/l

Beispiele zur Berechnung des Kohlenstoffdioxidausstoßes

Mit den gefahrenen Kilometern und dem Kraftstoffverbrauch des Fahrzeugs ergeben sich für den jährlichen CO₂-Ausstoß z. B. folgende Werte:

Gefahrene Kilometer pro Jahr: 20.000 km
Durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch: 8 l/100 km

Kraftstoff: Benzin
Kohlenstoffgehalt: 86 %
Dichte: 0,78 g/cm³

$20.000 \text{ km} \cdot 8 \text{ l}/100 \text{ km} = 1.600 \text{ l}$
 $1 \text{ l} = 1.000 \text{ cm}^3$

$m = \rho \cdot V = 0,78 \text{ g}/\text{cm}^3 \cdot 1.600.000 \text{ cm}^3$
 $= 1.248.000 \text{ g} = 1.248 \text{ kg Benzin}$

$m_C = 1.248 \text{ kg} \cdot 0,86 = 1.073 \text{ kg Kohlenstoff}$

CO₂-Äquivalent-Emissionsfaktor

Nicht nur der Ausstoß von CO₂ ist für den Treibhauseffekt verantwortlich. Auch andere Gase, vor allem Methan (CH₄) und Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FKW) wirken als Treibhausgase. Sie fallen in erheblichen Mengen bei Kläranlagen, in Mülldeponien oder als Treibgase in Spraydosen an.

Der CO₂-Äquivalent-Emissionsfaktor rechnet die Klimawirksamkeit der klimawirksamen Gase auf äquivalente Mengen CO₂ um. Dieser Faktor wird auf der Basis der Endenergiebedarfswerte der jeweiligen Energieträger in g/kWhEnd berechnet. Wer also beispielsweise eine kWh Elektroenergie durch Heizöl erzeugt, produziert 310 g CO₂. Mit Erdgas sind dies nur 242 Gramm.

Mit dem CO₂-Äquivalent können bei bekannten Emissionsmengen die unterschiedlichen Beiträge einzelner Treibhausgase verglichen werden. Das CO₂-Äquivalent gibt an, wie viel eine festgelegte Menge eines Treibhausgases zum Treibhauseffekt beiträgt. Als Vergleichswert dient Kohlenstoffdioxid; die Abkürzung lautet CO₂e (für engl. *equivalent*). Der Wert beschreibt die mittlere Erwärmungswirkung über einen bestimmten Zeitraum. Beispielsweise beträgt das CO₂-Äquivalent für Methan bei einem Zeithorizont von 100 Jahren 25: Das bedeutet, dass ein Kilogramm Methan 25-mal stärker zum Treibhauseffekt beiträgt als ein Kilogramm CO₂.

$m_{CO_2} = 1.073 \text{ kg} \cdot 3,67 = 3.938 \text{ kg CO}_2$
 Oder
 Gefahrene Kilometer pro Jahr: 12.000 km
 Durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch: 9 l/100 km
 Kraftstoff: Diesel
 Kohlenstoffgehalt: 86 %
 Dichte: 0,87 g/cm³
 $12.000 \text{ km} \cdot 9 \text{ l}/100 \text{ km} = 1.080 \text{ l}$
 $1 \text{ l} = 1000 \text{ cm}^3$
 $m = \rho \cdot V = 0,87 \text{ g}/\text{cm}^3 \cdot 1.080.000 \text{ cm}^3 = 940.000 \text{ g} = 940 \text{ kg Diesel}$
 $m_C = 940 \text{ kg} \cdot 0,86 = 808 \text{ kg Kohlenstoff}$
 $m_{CO_2} = 808 \text{ kg} \cdot 3,67 = 2.965 \text{ kg Kohlenstoffdioxid}$
 Bei einer Heizung mit Öl sehen die Werte z. B. wie folgt aus:
 Heizölverbrauch: 2400 l
 Kohlenstoffgehalt: 85 %
 Dichte: 0,95 g/cm³



Abb. 2: Bildschirmansicht – CO₂-Bilanz mit <http://ecocheck.lebensministerium.at>

$m = \rho \cdot V = 0,95 \text{ g}/\text{cm}^3 \cdot 2.400.000 \text{ cm}^3 = 2.280.000 \text{ g} = 2.280 \text{ kg Heizöl}$
 $m_C = 2.280 \text{ kg} \cdot 0,85 = 1.938 \text{ kg Kohlenstoff}$
 $m_{CO_2} = 1.938 \text{ kg} \cdot 3,67 = 7.112 \text{ kg Kohlenstoffdioxid}$
 Soll der CO₂-Ausstoß für den Elektroenergiebedarf ermittelt werden, ist zu berücksichtigen woraus der verwendete Strom hergestellt wird. Beim allgemeinen Strommix in Deutschland wird die Elektroenergie zu ca. 30 % in Atomkraftwerken, 27 % aus Braunkohle, 24 % aus Steinkohle hergestellt. Der Rest wird mit Erdgas, Wind- und Wasserkraft und sonstigen erzeugt. Aus diesem Mix und den Wirkungsgraden der einzelnen Kraftwerksarten kann man einen allgemeinen Umrechnungsfaktor ermitteln. Er beträgt rund 0,2 kg/kWh. (Bei Strom aus Braunkohle 0,41 kg/kWh, bei Strom aus Steinkohle 0,33 kg/kWh)

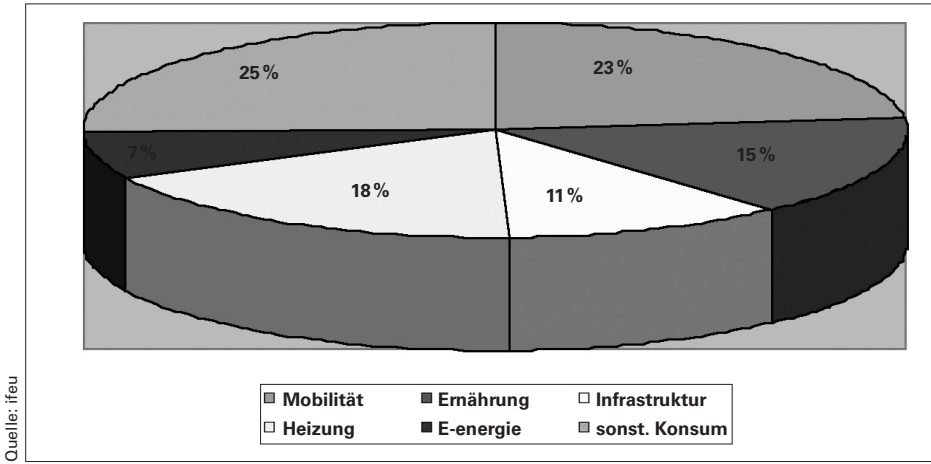
CO₂-Bilanz im Internet

Einfacher als nach der dargestellten Berechnung lässt sich eine CO₂-Bilanz mit Software aus dem Internet erstellen. Besonders ausführlich und variabel verwendbar ist das Programm vom österreichischen Lebensministerium (2). Es kombiniert Energie- und CO₂-Bilanz, bietet verschiedene Darstellungsmöglichkeiten der Ergebnisse, ermöglicht den direkten Vergleich mit statistischen Werten und umfasst auch die im Beispiel (Arbeitsblatt 1) ausgesparten Lebensbereiche.

CO₂-Bilanz im Vergleich – didaktische Transformationen

Der Kohlenstoffdioxidausstoß pro Kopf liegt in Deutschland bei etwa 11.000 kg im Jahr, das sind rund 30 kg am Tag. Damit liegt Deutschland deutlich über dem weltweiten Durchschnitt von ca. 3.800 kg. Die Spitze führen die USA mit etwa 20.000 kg pro Jahr an.

Nur einem Teil des von uns persönlich verursachten Ausstoßes sind wir durch die Musterrechnung nun auf die Schliche gekommen. Deshalb wird durch das Arbeitsblatt 3 der Zugang durch einen fiktiven Tagesablauf mit Angaben zur CO₂-Produktion auf der Basis des CO₂-Äquivalents erweitert. Die Angaben erfolgten auf der Basis des CO₂-Zählers/1/. Auch hier beruhen die Angaben oft nur auf Schätzungen und Näherungswerten. Schließlich geht es nicht um eine grammgenaue Bilanz, sondern um den Beitrag zur Ausprägung von reflexivem Verhalten von Schülerinnen und Schülern von jungen Jahren an. Deutlich wird, dass beispielsweise bewusste Mobilität und Ernährung der Einzelnen einen wirksamen Beitrag zur Minderung des CO₂-Ausstoßes leisten können. Weiterführend könnten die im Tagesablauf nicht berücksichtigten Positionen zur Heizung und Elektroenergie in der Schule ergänzend erfasst und ausgewertet werden (vgl. den Beitrag von Lutz Wedel in diesem Heft). Ausgehend von einer eher globalen Sicht thematisiert das Arbeitsblatt 3 Wege zur Klimagerechtigkeit einerseits und den



Quelle: ifeu

Abb. 3: CO₂-Pro-Kopf-Emissionen in Deutschland

gewissermaßen rund um die Uhr 45 kommerzielle Energiediener. Klimaverträglich wäre ein Pro-Kopf-Ausstoß von zwei Tonnen CO₂ im Jahr, das sind knapp 6 kg am Tag- ein weiter Weg!?

Literatur
 /1/ Grabolle, Andreas; Loitz, Tanja (2007): Pendos CO₂-Klimazähler. München und Zürich
 /2/ Meier, Bernd; Meschenmoser, Helmut; Mette, Dieter u. a. (2005): Arbeitslehre aktuell – Arbeit und Technik. München

Programme zur Ermittlung des Energiebedarfs und der CO₂-Bilanz im Internet:
 (1) <http://emsolar.ee.tu-berlin.de> (Interaktives Lernsystem für erneuerbare Energien ILSE)
 (2) <http://ecocheck.lebensministerium.at>

Video-Stream und weitere Programme zur Energie- und CO₂-Bilanz:
 (3) http://www.wdr.de/tv/quarks/sendungsbeitraege/2007/0130/006_klima.jsp
 (4) www.co2-rechner.wwf.de
 (5) www.berlin.de/sen/umwelt/klimaschutz/co2bilanz/index.shtml

Dr.-Ing. Angelika Liermann,
Prof. Dr. Bernd Meier,
 Universität Potsdam, Institut für Arbeitslehre/Technik

Beitrag des Einzelnen zum Erreichen der Ziele andererseits. Um eine persönliche Energiebilanz und darauf aufbauende CO₂-Bilanz exakt zu errechnen, müsste der Energieaufwand für jedes gekaufte Produkt an Hand der Produktionskette zurückverfolgt werden. Außerdem müssten öffentliche Angebote, wie zum Beispiel Licht, Heizung, Wasser in der Schule mit ihrem Energiebedarf auf den einzelnen Nutzer zurückgerech-

net werden. Eine erste grobe Abschätzung gibt der Verbrauch an Primärenergie pro Kopf in Deutschland: Das sind jährlich 6 Tonnen Steinkohleeinheiten oder gut 50.000 kWh bzw. 5.000 l Heizöl, was wiederum zehn bis zwölf Tonnen CO₂ im Jahr entspricht. Dagegen setzt ein Mensch in Industriestaaten aus seiner Nahrung im Durchschnitt täglich 3 kWh um, also rund 1.100 kWh pro Jahr. Jeder Deutsche beschäftigt also

ARBEITSBLATT

1

Wir ermitteln unsere persönliche Energiebilanz

Beispiel: Energiebilanz der Familie Schmidt

| | Elektr. Energie | Gas | Öl | Kohle | Benzin | Diesel | |
|--------------------------|-----------------|------------------|------------|--------|------------|--------|------------------|
| Energiebedarf | 3.300 kWh | 0 m ³ | 2.400 l | 0 kg | 1.600 l | 0 l | |
| Umrechnungsfaktor in kWh | × 1 | × 10 | × 10 | × 8,14 | × 10 | × 10 | |
| Bedarf an Endenergie | 3.300 kWh | 0 kWh | 24.000 kWh | 0 kWh | 16.000 kWh | 0 kWh | Summe 43.300 kWh |
| Verlustfaktor | × 3,3 | × 1,06 | × 1,08 | × 1,1 | × 1,08 | × 1,08 | |
| Bedarf an Primärenergie | 9.900 kWh | 0 kWh | 25.920 kWh | 0 kWh | 17.280 kWh | 0 kWh | Summe 53.100 kWh |

Unterricht – ARBEIT + TECHNIK 38/08

Energie- und CO₂-Bilanz meiner Familie

Aufgabe

- Ermittle den Energiebedarf Deiner Familie für das vergangene Jahr und trage die Werte in die erste Zeile der Tabelle ein. Berechne die Werte für die dritte und fünfte Zeile mit Hilfe der Umrechnungsfaktoren und addiere die Werte für die Summe in der letzten Spalte.

| | Elektr. Energie | Gas | Öl | Kohle | Benzin | Diesel | |
|--------------------------|-----------------|----------------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| Energiebedarf | kWh | m ³ | l | kg | l | l | |
| Umrechnungsfaktor in kWh | × 1 | × 10 | × 10 | × 8,14 | × 10 | × 10 | |
| Bedarf an Endenergie | kWh | kWh | kWh | kWh | kWh | kWh | Summe kWh |
| Verlustfaktor | × 3,3 | × 1,06 | × 1,08 | × 1,1 | × 1,08 | × 1,08 | |
| Bedarf an Primärenergie | kWh | kWh | kWh | kWh | kWh | kWh | Summe kWh |

- Berechne den Pro-Kopf-Bedarf an Primärenergie, indem du die die Summe durch die Anzahl der in eurem Haushalt lebenden Personen teilst.
- Vergleiche den ermittelten Wert mit dem statistischen Durchschnittswert pro Kopf der Bevölkerung für Deutschland.
- Ermittle aus der Energiebilanz die CO₂-Bilanz.

| | Elektr. Energie | Gas | Öl | Kohle | Benzin | Diesel | |
|---|-----------------|--------------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|----------|
| Energiebedarf | kWh | m ³ | l | kg | l | l | |
| Umrechnungsfaktor in kg CO ₂ | × 0,2 kg/kWh | × 1,97 kg/m ³ | × 2,96 kg/l | × 2,58 kg/kg | × 2,46 kg/l | × 2,74 kg/l | |
| CO ₂ -Ausstoß | kg | kg | kg | kg | kg | kg | Summe kg |

- Unterbreite Vorschläge, wie man den CO₂-Ausstoß verringern könnte. Was bringt ein Wechsel der Energieträger?

CO₂ den ganzen Tag – eine grobe Bilanz

Pamela hat sich über ihren Energiebedarf und den damit verbundenen CO₂-Ausstoß noch nie Gedanken gemacht. Ihr noch unvollständiger Tagesablauf gibt einen Einblick.

Was ist besonders CO₂ intensiv?

Welche Möglichkeiten hätte Pamela, um sich umweltfreundlicher zu verhalten?

Nenne jeweils entsprechende Alternativen.

| Zeit | Tätigkeit | CO ₂ -Ausstoß |
|-------|---|---|
| 6.30 | Aufstehen; Duschen, Körperpflege <ul style="list-style-type: none"> • Wecken durch den Radiowecker, er spielt eine halbe Stunde; ist den ganzen Tag am Netz • In der Wohnung mit 90 m² ist es den ganzen Tag gleich warm • Licht für eine Stunde in drei Räumen an, mehrere Glühlampen mit 240 W • Zähneputzen mit elektrischer Zahnbürste • Duschen | <ul style="list-style-type: none"> • Am Tag verursacht das nur 23 g (im Jahr immerhin 8,5 kg) • 9.500 g • 155 g • 72 g • 2.300 g |
| 6.50 | Frühstück <ul style="list-style-type: none"> • 2 vorgebackene Brötchen im Backofen 15 Minuten bei 200 °C backen • 0,5 l Teewasser auf dem Herd mit offenem Deckel kochen • Marmelade und Butter | <ul style="list-style-type: none"> • 240 g • 140 g • 48 g und 480 g |
| 7.30 | Weg zur Schule <ul style="list-style-type: none"> • Es ist spät geworden, die Mutti fährt Pamela schnell mit dem VW-Golf die 4 km zur Schule | <ul style="list-style-type: none"> • 1.200 g |
| 14.30 | Von der Schule nach Haus <ul style="list-style-type: none"> • Das Wetter ist schön – ein Spaziergang • Pizza aus dem Ofen, ein O-Saft und Joghurt | <ul style="list-style-type: none"> • 0 g • 390 g und 300 g |
| 15.55 | Schularbeiten und surfen im Internet <ul style="list-style-type: none"> • PC mit Flachbildschirm und Drucken arbeiten bis 20.00 Uhr • DSL-Modem ist den ganzen Tag angeschaltet | <ul style="list-style-type: none"> • 420 g • 150 g |
| 18.40 | Abendessen <ul style="list-style-type: none"> • 500 g Steak und 500 g Pommes warten zum Abendbrot auf die Familie • Und noch etwas Frisches: Ein Kilo Erdbeeren aus Südafrika eingeflogen • Geschirrspülen in einer Spülmaschine der Energieeffizienzklasse D | <ul style="list-style-type: none"> • 6.650 g und 2.750 g • 1.160 g • 870 g |
| 19.30 | Freizeit <ul style="list-style-type: none"> • Eine DVD ansehen | <ul style="list-style-type: none"> • DVD-Player 40 g; Plasma-Fernseher 220 g |