

Modul 2: Transportmittel im Vergleich

Schneller, billiger ... klimaverträglich?

Florenz, Paris, London – oder lieber etwas Ausgefalleneres wie Lissabon, Palermo oder Helsinki? Ob für eine Klassenreise oder ein verlängertes Wochenende unter Freunden: Die Auswahl an attraktiven Angeboten für Städtereisen nimmt stetig zu und von Plakatwänden und Inseraten wird einem der Flug für ein Butterbrot versprochen. Warum also nicht rasch zugreifen?

Wir sind es uns gewohnt, bei der Reiseplanung Preise zu vergleichen. Bei genauerer Betrachtung ist der Vergleich allerdings gerade beim Flugzeug nicht einfach: Gilt der angebotene Preis nur für wenige Plätze zu ungünstigen Abflug- oder Ankunftszeiten? Was ist inbegriffen – werden Zuschläge, Gebühren etc. fällig? Welche Kosten entstehen für den Weg zum Flughafen und nach der Landung bis zur Unterkunft?

Auch der Vergleich des Zeitbedarfs hat seine Tücken. Hat das Flugzeug wirklich so klare Vorteile gegenüber Bahn und Strasse? Über grosse Distanzen schon, aber wie steht es im Zeitalter umständlicher Sicherheitschecks und moderner Hochgeschwindigkeitszüge um den Vergleich bei Städtereisen in die benachbarten Länder?

Wirklich eindeutig scheint die Sachlage nur in einer Hinsicht zu sein: Reisen mit dem Flugzeug sehen aus Sicht des Klimaschutzes schlecht aus. Bereits ein Flug von der Schweiz nach Griechenland und zurück verursacht annähernd eine Tonne CO₂eq pro Person. Das entspricht der Gesamtmenge, welche pro Person und Jahr mit einem stabilen Klima verträglich ist und ist ein Mehrfaches dessen, was bei einer Reise im Zug oder Reisebus über eine vergleichbare Distanz entsteht (vgl. Modul 1, S. 3).

Trotzdem gibt es Gründe, auch entferntere Reiseziele ins Auge zu fassen. Die Frage steht dabei im Raum: Wie bringen wir als verantwortungsbewusste Reisende Geld, Zeit und Umwelt ins Gleichgewicht? Gibt es überhaupt brauchbare Alternativen zum Flugzeug, wenn das Reiseziel mehr als 200 oder 300 Kilometer jenseits der Landesgrenze liegt?

Dieses Modul liefert die Grundlagen für den Vergleich verschiedener Transportmittel aus ökologischer Sicht. Als Kriterium für die Bewertung der Umweltverträglichkeit wird der Beitrag zur Klimaerwärmung, d. h. die Menge der Treibhausgas-Emissionen (ausgedrückt in Gramm oder Tonnen CO₂eq) verwendet. Die Wirkung auf das Klima steht stellvertretend für verschiedene Umweltbelastungen, die mit dem Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger wie Erdöl, Erdgas und Kohle verbunden sind. Dazu zählen neben der Luftbelastung auch die Sekundärfolgen der Klimaerwärmung, z. B. häufigere Naturkatastrophen, die Beeinträchtigung natürlicher Ökosysteme oder Wasserknappheit.

Was sind CO₂eq?

In diesem Modul und in Modul 3 wird anstelle von CO₂ in der Regel die Bezeichnung CO₂eq verwendet. CO₂eq steht für CO₂-Äquivalente. Diese Grösse ist wichtig, wenn man die gesamte Erwärmungswirkung einer Aktivität auf die Erdatmosphäre erfassen will. So entstehen z. B. bei der Verbrennung von Treibstoffen nebst CO₂ stets auch kleinere Mengen anderer Treibhausgase, insbesondere Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O). Bei Mittel- und Langstreckenflügen tragen zudem der Wasserdampf (H₂O) und die Stickoxide (NO_x) in den Flugzeugabgasen zur Klimaerwärmung bei. Die Wirkung dieser Gase wird in die entsprechende Menge CO₂ umgerechnet. Die Summe bezeichnet man als CO₂eq.

Berechnung der persönlichen CO₂eq-Emissionen

Mithilfe der Emissionswerte verschiedener Verkehrsmittel können die mobilitätsbedingten Treibhausgasemissionen einer Person berechnet werden. Ausgangspunkt ist die durchschnittliche Emissionsmenge pro Kilometer Fahrt mit dem Auto, mit dem öffentlichen Verkehr (öV) und mit dem Flugzeug. Dieser Wert wird durch die durchschnittliche Anzahl Personen im jeweiligen Transportmittel geteilt. Daraus ergibt sich die Masseinheit Gramm CO₂-Äquivalente pro Personenkilometer (g CO₂eq/Pkm). Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die 2010 in der Schweiz durchschnittlich pro Person zurückgelegten Kilometer und die dadurch verursachten Emissionen pro Personenkilometer.

Tabelle 1: Durchschnittliche Treibhausgasemissionen durch die Mobilität der Schweizer Bevölkerung (2010)

1	2	3	4
	durchschnittlich zurückgelegte Distanz pro Person und Jahr (in km) ¹	Emissionsfaktor, direkte und indirekte Emissionen ² (in g CO ₂ eq/Pkm) ³	Gesamtemissionen pro Kopf, direkte und indirekte Emissionen (in t CO ₂ eq)
Personenwagen	9960	138,0 g	1,37 t
öffentlicher Verkehr	3820	17,2 g	0,07 t
Flugreisen	5240	247,2 g	1,30 t
zu Fuss, mit dem Velo	760	0 g	0 t
Total			2,74 t

¹ Daten gemäss BFS (2012)

² Direkte Emissionen = Emissionen aus dem Verbrauch von Energie beim Betrieb eines Fahrzeugs (z. B. bei der Verbrennung von Treibstoff); indirekte Emissionen = Emissionen bei der Energieherstellung (z. B. bei der Erdölförderung und Raffinerie bzw. bei der Produktion der Elektrizität für den Betrieb der Eisenbahn) sowie beim Transport der Energie an den Ort des Verbrauchs.

³ Der Wert bei den Personenwagen entspricht den Emissionen einer Person bei einer durchschnittlichen Fahrzeugbesetzung von 1,6 Personen. Die Emissionen pro Fahrzeugkilometer bzw. pro mit nur einer Person besetztem Fahrzeug liegen bei rund 221 g CO₂/eq (138,0 × 1,6). Weitere Detailangaben zu den verwendeten Emissionsfaktoren in Spalte 3, finden sich im Begleitkommentar zu Modul 2 im Lehrerdokument.

Aufgabe 1:

Gemäss einer wiederkehrenden Untersuchung des Mobilitätsverhaltens (BFS, 2007) sieht der durchschnittliche Schulweg in der Schweiz wie folgt aus (Distanz hin und zurück): 2 km Velofahrt zum Bahnhof – 10 km mit öffentlichen Verkehrsmitteln – 1 km Fussweg zum Schulhaus. Berechnen Sie den CO₂eq-Ausstoss eines durchschnittlichen Schulweges.

Aufgabe 2:

- Schätzen oder bestimmen Sie die Länge Ihres Schulwegs und die daraus resultierenden CO₂eq-Emissionen pro Schultag und für ein ganzes Jahr (z. B. 40 Schulwochen à 5 Tage).
- Berechnen Sie die CO₂eq-Emissionen, die Sie produzieren, falls Sie regelmässig allein mit einem Auto in die Schule fahren würden. Wieso müssen Sie dazu den entsprechenden Zahlenwert aus der Tabelle 2 und nicht den Wert der Tabelle 1 einsetzen?

Aufgabe 3:

Bewerten Sie die in der Schweiz durchschnittlich pro Person durch die Mobilität entstehenden Emissionen im Hinblick auf die jedem Menschen pro Jahr rein rechnerisch zustehenden CO₂eq-Emissionen (Hinweis: Beachten Sie die Angaben im Kasten «Das klimaverträgliche CO₂-Budget» in Modul 1, S. 4).

Tabelle 2 zeigt, dass es bei den Emissionen nicht nur zwischen den Verkehrsmitteln sondern auch innerhalb einer Verkehrsmittelart grosse Unterschiede gibt. Durchschnittswerte eignen sich daher nur beschränkt als Orientierungs- und Entscheidungshilfen für den Verkehrsmittelvergleich. So sind die CO₂eq-Emissionen der Eisenbahn aufgrund der Art der Stromerzeugung je nach Land sehr verschieden. Auch die Auslastung (die Passagierzahl geteilt durch die Anzahl der total verfügbaren Plätze) hat einen grossen Einfluss auf die Emissionen pro Personenkilometer. Bei den Flugreisen spielt zudem die Distanz und die damit verbundene Flughöhe eine wichtige Rolle.

Tabelle 2: Emissionsfaktoren verschiedener Transportmittel ¹

1	2	3	4	5
Transportmittel	Auslastung	Emissionsfaktor in g CO ₂ eq / Pkm (direkte + indirekte Emissionen)	verursacht 1 t CO ₂ eq nach X km (auf 100 km gerundet)	Rangfolge (aufgrund Spalte 4)
Personenwagen, Mittelklasse, Durchschnitt	1 Pers.	221 g	4500 km	
Personenwagen, Mittelklasse, neu + sparsam	1 Pers.	158 g	6300 km	
Personenwagen, Mittelklasse, neu + sparsam	4 Pers.	50 g	20000 km	
Bahn, Fernverkehr Schweiz	33 %	1 g		
Bahn, Fernverkehr Frankreich	46 %	8 g	125000 km	
Bahn, Fernverkehr Deutschland	46 %	55 g	18200 km	
Reisebus (Car)	50 %	38 g		
Flugzeug, Kurzstrecke (Flugdistanz < 700 km)	65 %	167 g		
Flugzeug, Mittelstrecke (> 700 km = peripheres Europa, RFI = 2)	65 %	311 g	3200 km	
Flugzeug, Langstrecke (interkontinentale Flüge > 2000 km, RFI = 3)	84 %	288 g	3500 km	

¹ Weitere Transportmittel und Detailangaben zu den verwendeten Emissionsfaktoren siehe den Begleitkommentar zu diesem Modul im Lehrerdokument.

Aufgabe 4:

Rechnen Sie aus den Angaben der Spalten 2 und 3 die fehlenden Werte in Spalte 4 aus: Wie weit kommen Sie, bis Sie eine Tonne CO₂eq verursacht haben? Rangieren Sie anschliessend in Spalte 5 die Transportmittel aufgrund der Reichweite (grösste Reichweite = Rang 1).

Aufgabe 5:

Sie sind zu viert, planen eine Ferienreise innerhalb Europas und haben je ein «Budget» von 600 kg CO₂eq zur Verfügung. Wie weit kommen Sie mit dem Flugzeug? Schauen Sie auf einer Europakarte nach, welche Ziele z. B. ab Zürich-Kloten erreichbar sind. Berücksichtigen Sie bei Ihrer Berechnung den Hin- und Rückflug.

Aufgabe 6:

Wie weit kommen Sie mit Ihren «Budget» von 600 kg CO₂eq pro Person, wenn Sie zu viert in einem sparsamen Mittelklassewagen fahren? Reicht es von Glarus bis zum Nordkap (rund 3900 km) und zurück?

Aufgabe 7:

Sie machen mit dem Zug (z. B. InterRail) eine Rundreise durch Frankreich und Deutschland. Sie wissen, dass die Zugstrecke Genf – Marseille – Bordeaux – Paris – Köln – Hamburg – Kiel – Berlin und via Basel zurück in die Schweiz 4000 km beträgt. Je 2000 km legen Sie in Frankreich und in Deutschland zurück. Wie oft können Sie diese Reise machen, bis Ihr Budget von 600 kg CO₂eq aufgebraucht ist?

Diskussion:

Am 19. November 2007 erschien unter dem Titel *Wer die Umwelt liebt, der fliegt!* ein Interview in der *Bildzeitung* mit dem damaligen Chef der Lufthansa, Wolfgang Mayrhuber. Was ist davon zu halten? Lesen Sie den Artikel (<http://www.bild.de/BTO/news/2007/11/20/mayrhuber-wolfgang/lufthansa-chef-interview.html>) sowie die Reaktion von *Spiegel Online* (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,518545,00.html>). Vergleichen Sie die Aussagen mit den Zahlen in Tabelle 2.

Klassenreisen fallen ins Gewicht

Viele Schülerinnen und Schüler an Mittel- und Berufsschulen haben die Gelegenheit, mindestens einmal während ihrer Ausbildungszeit an einer grösseren Klassenreise ins Ausland teilzunehmen. Je nachdem, wohin die Reise geht und mit welchem Verkehrsmittel gereist wird, kann es pro Klasse schnell einmal um 4 bis 8 Tonnen CO₂eq mehr oder weniger gehen (vgl. Abbildung 4). Wenn also die rund 2000 Klassen, die jährlich eine Klassenreise ins Ausland machen, ihr Wissen über die Ursachen und Folgen der Klimaerwärmung anwenden und sich für die klimaschonende Reisevariante entscheiden, können 10 000 Tonnen CO₂eq vermieden werden.

Wollte man diese Menge CO₂eq durch ein Projekt zur Erzeugung erneuerbarer Energie kompensieren (zur Kompensation von CO₂-Emissionen, vgl. Modul 4), wäre z. B. eine Fläche von rund 750 000 m² Solarpanels erforderlich. Das entspricht 105 Fussballfeldern à 7140 m² oder 19 Windturbinen vom Typ, der 2010 im Windkraftwerk Mont Crosin installiert wurde (95 m hoch, inkl. Rotorblatt 140 m hoch).

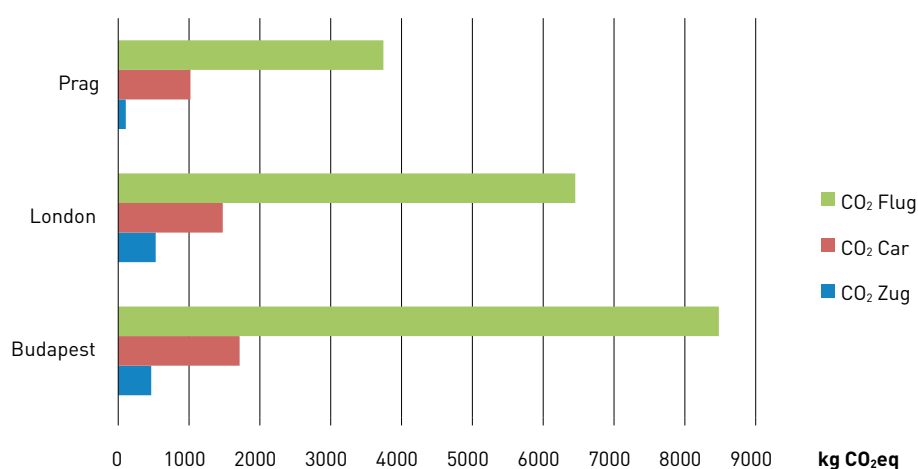


Abb. 4: Vergleich der CO₂eq-Emissionen einer Klassenreise mit 20 Personen ab Solothurn (Hin- und Rückreise; Datenbeschaffung gemäss Modul 3).