

Merkblatt: Kennzahlen der Berechnung

Die Berechnung der Indikatoren-Werte aus den von den Schülerinnen und Schülern eingegebenen Daten erfolgt im Hintergrund. Aber was für Werte sind dort hinterlegt? Und warum?

Mit folgenden Kennziffern wird gerechnet:

Umrechnungsfaktoren

Leistung	3.6 MJ = 1 kWh
Brennwert Benzin	1 kg Benzin = 45.8 MJ
Dichte Benzin	1 Liter Benzin = 0.74 kg
→ Energieleistung Benzin	1 Liter Benzin = 9.414 kWh
Primärenergiefaktor ¹ Benzin	1.27
Primärenergiefaktor Strom	2.205 ²
Treibhausgasemissionen ³ Benzin	1 kWh = 318.96 g CO ₂ -eq
Treibhausgasemissionen Strom	1 kWh = 47.12 g CO ₂ -eq ⁴

Leistung pro Verkehrsmittel⁵ in kWh pro Personenkilometer (pkm)

Zu Fuss	0.0
Velo / E-Bike	0.0
Dieselbus	0.0339
Tram/Trolleybus	0.0338
Bahn	0.0338
Roller/Motorrad	0.320
Auto	0.414
Elektro-Auto ⁶	0.196

¹ Der Primärenergiebedarf eines Systems umfasst zusätzlich zum eigentlichen Energiebedarf eines Energieträgers diejenige Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des Energieträgers benötigt wird. Zur Ermittlung der Energiebilanz wird der entsprechende Energiebedarf unter Berücksichtigung der beteiligten Energieträger mit einem Primärenergiefaktor (PEF) multipliziert. Interessant: der PEF von Strom ist höher als der von Benzin, das heißt es geht 'mehr verloren', die Ausnützung ist schlechter beim Strom.

² Dieser Wert ist je nach Energiesystem unterschiedlich – zum Beispiel ist bei Atomstrom der Wert etwa dreimal so hoch wie bei Wasserkraft. Der angegebene Wert ist ein Durchschnittswert, basierend auf dem handelsüblichen Strommix, der eine Mischung aus verschiedenen Stromquellen ist.

³ Die Treibhausgase sind eine Mischung von verschiedenen Gasen, die je eine unterschiedlich hohe Klimawirkung haben. Sie werden alle in CO₂-Äquivalente (CO₂-eq) umgerechnet und summiert.

⁴ Auch dieser Wert hängt stark vom Energiesystem ab – während zum Beispiel Wind-, Wasser- oder Atomkraft für die direkte Stromproduktion grundsätzlich klimaneutral sind (d.h. keine Treibhausgase ausstossen), haben fossile Energieträger wie Erdöl, Erdgas und vor allem Kohle bei der Stromproduktion sehr hohe Treibhausgasemissionen (Kohle-Strom hat Treibhausgasemissionen von rund 1000 g CO₂ / kWh, was etwa dem Dreifachen des Wertes von Benzin entspricht). Der angegebene Wert basiert wieder auf dem Durchschnitt für den handelsüblichen Strommix.

⁵ Diese Werte basieren grundsätzlich auf Rechnungen mit den Zahlen der Ergebnisse der Erhebung «Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010». Bei den öffentlichen Verkehrsmitteln wurde mit einer Besetzung von durchschnittlich 30% gerechnet.

⁶ Im Tool werden Elektro-Autos nicht getrennt behandelt. Vollständigkeitshalber werden die Werte hier aber dargelegt.



Energiekonsum⁷

Verkehrsmittel	Werte [Watt ⁸ /pkm]	Erklärung
Zu Fuss	0	Für das Zu-Fuss-Gehen wird nur körpereigene Energie verbraucht – diese wird in dieser Rechnung nicht berücksichtigt.
Velo / E-Bike	0	Für Velos ohne Elektro-Antrieb wird nur körpereigene Energie verbraucht, welche nicht berücksichtigt wird. Das Laden von E-Bikes wird nicht berücksichtigt.
Dieselbus	0.256	Berechnet aus der Energieleistung in kWh pro pkm, multipliziert mit dem Primärenergiefaktor für Benzin, dividiert durch 7x24 (von 'pro Jahr' → 'pro Stunde'), multipliziert mit 1000 (von Kilowatt → Watt). Bei allen öffentlichen Verkehrsmitteln sind die effektiven Werte besetzungsabhängig – je mehr Personen pro Einheit mitfahren, desto weniger Energieverbrauch 'entfällt' auf die einzelne Person.
Tram / Trolleybus	0.443	Berechnet aus der Energieleistung in kWh pro pkm, multipliziert mit dem Primärenergiefaktor für Strom, dividiert durch 7x24 (von 'pro Jahr' → 'pro Stunde'), multipliziert mit 1000 (von Kilowatt → Watt). Auch beim Tram, dem Trolleybus und der Bahn sind die effektiven Werte besetzungsabhängig.
Bahn	0.443	
Roller / Motorrad	2.417	Berechnet aus der Energieleistung in kWh pro pkm, multipliziert mit dem Primärenergiefaktor für Benzin, dividiert durch 7x24 (von 'pro Jahr' → 'pro Stunde'), multipliziert mit 1000 (von Kilowatt → Watt). Beim Roller/Motorrad wird für die Bestimmung der Energieleistung pro Kilometer mit einem Benzinverbrauch von 3.39 Liter pro 100 km gerechnet (Durchschnittsflotte). Die Besetzung wird mit 1.00 Personen pro Fahrzeug angenommen.
Auto	3.131	Berechnet aus der Energieleistung in kWh pro pkm, multipliziert mit dem Primärenergiefaktor für Benzin, dividiert durch 7x24 (von 'pro Jahr' → 'pro Stunde'), multipliziert mit 1000 (von Kilowatt → Watt). Beim Auto wurde für die Bestimmung der Energieleistung pro Person und Kilometer sowohl die Besetzung (es werden 1.55 Personen pro Auto angenommen) wie auch der Benzinverbrauch (Annahme Durchschnittsflotte (inkl. Elektro- und Hybrid-Lösungen): 6.82 Liter Benzin pro 100 km) berücksichtigt.
Elektro-Auto	2.573	

⁷ Die Berechnung im Tool basiert ausschliesslich auf den durch den direkten Betrieb des Fahrzeugs verursachten Verbrauch.

⁸ Das Watt (J/s) ist eine Einheit für die Leistung und nicht für den Energieverbrauch, der mit Wattstunden (Wh) oder Kilowattstunden (kWh) gemessen wird. Die Leistung bezeichnet die Energie pro Sekunde eines Gerätes oder einer Anlage. Wenn wir für eine halbe Stunde mit einem Staubsauger von 1500 Watt staubsaugen, entspricht dies einem Energieverbrauch von 1500 W x 0,5 h = 750 Wh oder 0,75 kWh. Die Watt, um diejenigen es bei der 2000-Watt-Gesellschaft und auch in diesem Tool geht, sind als kontinuierliche Leistung zu verstehen. Um das Ziel von 2000 Watt zu erreichen, sollte der Energieverbrauch deshalb 17'520 kWh pro Jahr nicht überschreiten (2000 Watt x 24 h x 365 Tage = 17'520 kWh/Jahr).



Emissionen⁹

Verkehrsmittel	Werte [g CO ₂ -eq./pkm] ¹⁰	Erklärung
Zu Fuss	0	Da das Zu-Fuss-Gehen ohne externe Energiequellen auskommt, werden durch sie auch keine Treibhausgas-Emissionen erzeugt.
Velo / E-Bike	0	Velofahren durch Muskelkraft benötigt keine externen Energiequellen und verursacht somit auch keine Treibhausgas-Emissionen. Es wird davon ausgegangen, dass das Aufladen des Akkus mit Öko-Strom (Strom aus erneuerbaren / nicht-fossilen) erfolgt – dieser ist emissionsneutral.
Dieselbus	10.8	Berechnet aus der Energieleistung in kWh pro pkm, multipliziert mit dem Treibhausgasemissions-Quotienten von Benzin. Bei allen öffentlichen Verkehrsmitteln sind die effektiven Werte besetzungsanhängig – je mehr Personen pro Einheit mitfahren, desto weniger Treibhausgasausstoß 'entfällt' auf die einzelne Person.
Tram / Trolleybus	1.6	Berechnet aus der Energieleistung in kWh pro pkm, multipliziert mit dem Treibhausgasemissions-Quotienten von Strom.
Bahn	1.6	Auch beim Tram, dem Trolleybus und der Bahn sind die effektiven Werte besetzungsanhängig.
Roller / Motorrad	102.0	Berechnet aus der Energieleistung in kWh pro pkm, multipliziert mit dem Treibhausgasemissions-Quotienten von Benzin. Beim Roller/Motorrad wird für die Bestimmung der Energieleistung pro Kilometer mit einem Benzinverbrauch von 3.39 Liter pro 100 km gerechnet (Durchschnittsflotte). Die Besetzung wird mit 1.00 Personen pro Fahrzeug angenommen.
Auto	132.1	Berechnet aus der Energieleistung in kWh pro pkm, multipliziert mit dem Treibhausgasemissions-Quotienten von Benzin. Beim Auto wurde für die Bestimmung der Energieleistung pro Person und Kilometer sowohl die Besetzung (es werden 1.55 Personen pro Auto angenommen) wie auch der Benzinverbrauch (Annahme Durchschnittsflotte (inkl. Elektro- und Hybrid-Lösungen): 6.82 Liter Benzin pro 100 km) berücksichtigt.
Elektro-Auto	9.2	Wie bei der Tabelle Energiekonsum erwähnt, hat ein durchschnittliches Elektro-Auto eine Energieleistung von 0.196 kWh pro Personenkilometer (Annahme: Besetzungsgrad von 1.55). Dies ergibt einen Wert von 9.2 g CO ₂ -eq pro Personenkilometer für Elektro-Autos.

⁹ Es werden sowohl die Werte aufgrund des direkten Betriebs berücksichtigt, als auch die Summe der verursachten Emissionen im Lebenszyklus der Fahrzeuge (indirekter Betrieb, Unterhalt etc.)

¹⁰ Im Tool werden die Werte in kg CO₂ pro pkm ausgegeben.



Kosten

Verkehrsmittel	Werte [CHF/pkm]	Erklärung
Zu Fuss	0	Der Verbrauch von Schuhen etc. wurde nicht miteingerechnet.
Velo / E-Bike	0.08	Bei Velos wird für Zubehör, Unterhalt, Versicherung, Abzahlung etc. mit CHF 190 pro Jahr gerechnet, was bei einer geschätzten Kilometer-Summe von 2 500 km pro Jahr Kilometer-Kosten von 8 Rappen ergibt. Für E-Bikes werden keine grösseren Beträge angenommen (auch wenn die Kilometer-Kosten-Schätzung für ein E-Bike bis 25 km/h mit einer Laufleistung von 5 000 km pro Jahr bei 25 Rappen liegt).
Dieselbus	0.235	Für alle Arten des öffentlichen Verkehrs werden dieselben Personenkilometer-Kosten von 23.5 Rappen angenommen. Diese wurden wie folgt berechnet: Einnahmen aus Abo- und Einzelticket-Verkäufen (2012: 5.511 Milliarden CHF) geteilt durch die Personenverkehrsleistung (2012: 23.474 Milliarden Kilometer).
Tram / Trolleybus	0.235	
Bahn	0.235	
Roller / Motorrad	0.32	Die meistgekauften Scooter sind diejenigen der Preisspanne von 2000 und 6000 CHF. Je nach Modell haben diese Fahrzeuge bei einer Laufleistung von 5 000 km pro Jahr Kilometer-Kosten von 30 bis 35 Rappen. Es wird ein Durchschnittswert von 32 Rappen pro Personenkilometer angenommen.
Auto	0.47	Im Themendossier 4: «Was kostet unsere Mobilität» wurden die Kosten für ein Musterauto berechnet. Ein Durchschnittsauto (Neupreis: 35 000 CHF, jährliche Laufleistung: 15 000 km) kostet 73 Rappen pro Kilometer. Da ein Auto im Durchschnitt aber mit 1.55 Personen besetzt ist, ergibt das für eine Person 47 Rappen pro (Personen)-Kilometer.
Elektro-Auto	0.44	Die Fixkosten und die meisten variablen Kosten sind bei einem Elektro-Auto gleich wie bei einem Benziner. Der einzige angepasste Wert sind die Treibstoffkosten – sie werden für das Musterauto mit 900 Franken angenommen (Strompreis: 20 Rappen/kWh und Stromverbrauch Elektro-Auto: 30 kWh / 100 km). Somit verringert sich der Preis leicht (pro Auto 0.68 Franken pro Kilometer, mit Besetzungsgrad 1.55 dann 0.44 Franken pro Personenkilometer).

