



Methoden Verkehrsökonomie für Master-Studierende

Winter semester 2021/22, Tutorial No. 13

Aufgabe 13.1: Ökobilanz (LCA) eines Benzin- und E-Fahrzeuges

Während der drei Lebensphasen Produktion, Betrieb und Entsorgung eines konventionellen Fahrzeugs der Mittelklasse und eines E-Fahrzeugs kommen vor allem folgende Produkte zum Einsatz:

Benzin- und E-Fahrzeuge:

1. Stahl/Eisen (900 kg zur Herstellung, 100 kg während des Betriebs, beim Abwracken liefert der Schrott effektiv 20 % Neumaterial ohne Emissionen),
2. Aluminium (100 kg zur Herstellung, nichts Nennenswertes während des Betriebs, 40 % Recyclinganteil),
3. 100 kg Kunststoff (Summe aller Lebensphasen),
4. Gummi (30 kg zur Herstellung, außerdem einen Satz Sommerreifen als Erstausrüstung sowie einen Satz Sommer- und zwei Sätze Winterreifen während des Betriebs zu je 5 kg/Reifen),

Zusätzlich beim Benzinfahrzeug:

5. Blei-Batterien bzw. -Akkumulatoren (insgesamt drei zu je 12 kg, darunter eine bei der Erstausrüstung),
6. Benzinverbrauch (durchschnittlich 6 Liter/100 km) über die mit 200 000 km angenommene Laufleistung während des Autolebens (Benzin- und Dieselverbräuche bei der Herstellung sind in der normalen LCA in den jeweiligen Emissionsfaktoren verrechnet)

Zusätzlich beim Elektrofahrzeug:

5. Drei je 200 kg schwere Lithium-Akkus als Energiespeicher für den Antrieb (die Starterbatterien entfallen),
7. Im Betrieb 20 kWh pro 100 km an elektrischer Energie verbraucht.

Teilaufgaben:

- (a) Stellen Sie zunächst für das Benzinfahrzeug den sechskomponentigen Sachbilanzvektor \vec{y}^S auf.
- (b) Berechnen Sie die direkten CO₂-Emissionen e_1^{dir} durch die Verbrennung im Betrieb (direkt aus der Chemie ergibt sich der Emissionsfaktor 2.39 kg CO₂/Liter).

- (c) Berechnen Sie die sachbilanzbezogenen CO₂-Emissionen $(\underline{C}\underline{y}^s)_1$ und die Gesamtemissionen $e_1 = e_1^{\text{dir}} + (\underline{C}\underline{y}^s)_1$, wenn Sie als CO₂-Komponente der (sachbilanzbezogene) Emissionsfaktorenmatrix \underline{C}

$$\vec{c}_{\text{CO}_2} = (c_{1j}) = (4, 30, 2, 2, 20, 0.4 \text{ kg/Liter})$$

annehmen. Warum sind die ersten fünf Komponenten dieses Vektors einheitenlos? Was ist die Bedeutung der 6. Komponente?

- (d) Redefinieren Sie die CO₂ - Zeile der Emissionsfaktorenmatrix ($\rightarrow (\tilde{C}_{1j})$) so, dass die gesamten CO₂ emissionen (Summe der direkten und indirekten Emissionen) durch $e_1 = (\tilde{C}\underline{y}^s)_1$ berechnet werden kann.
- (e) Diskutieren Sie folgende politische Maßnahme ausschließlich aus dem Blickwinkel der CO₂ Emissionen: "Wracke alle mittelalten und alten Fahrzeuge (mittlerer verbrauch 10 l/100 km, normale Restlaufzeit 100 000 km) ab und ersetze sie durch die selbe Anzahl an (subventionierten) Neufahrzeugen (Verbrauch 5 l/100 km)"
- (f) Führen Sie nun die LCA für ein E-Fahrzeug durch. Nehmen Sie als Emissionsfaktor der Li-Akkus denselben Wert wie bei den Bleiakkus an und zur Stromherstellung den deutschen Energiemix (DE-Mix) im Jahr 2018 von $c_{71} = 480 \text{ g/kWh}$.
- (g) Führen Sie noch eine Sensitivitätsanalyse durch, indem Sie statt dem DE-Mix (i) einen "China-Mix" (1 000 g/kWh, immerhin noch besser als der "Braunkohlenmix"), (ii) den "Norwegen-Schweden-Mix" (50 g/kWh) annehmen.