

D 2

Ermittlung der Umweltbetriebskosten für Straßenverkehrsfahrzeuge/Elektrofahrzeuge

Nach § 68 VgV müssen öffentliche Auftraggeber bei der Beschaffung von Straßenverkehrsfahrzeugen den Energieverbrauch und die Umweltauswirkungen als Kriterium angemessen berücksichtigen. Zur Bewertung des Energieverbrauchs und der Umweltauswirkungen gibt die VgV in den Anlage 2 und 3 geeignete Parameter sowie die Berechnungsweise vor. Der Treibstoffverbrauch (in Liter/100 km) sowie die Emissionswerte für Kohlendioxid (CO₂), Stickoxide (NO_x), Nichtmethankohlenwasserstoffe, Partikelförmige Abgasbestandteile (im Gramm/km) sind durch die Bieter im Rahmen der Angebotseinreichung zu benennen.

1. Grunddaten

1.1 Durch den AG zu ermittelnde Daten

Nutzungsdauer in Jahren	4
Diskontsatz	2,00 %
Annuitätsfaktor	0,262623753
Fahrleistung innerhalb der Nutzungsdauer	200.000 km
Kosten je Energieeinheit vor Steuern	0,65 €/Liter
Anzahl der Fahrzeuge	2
Treibstoffkosten pro Liter	1,40 €/Diesel

1.2 Energiegehalt des Kraftstoffes

(nach VgV, Anlage 2 Tabelle 1 – Energiegehalt von Kraftstoffen in Megajoule (MJ)/Liter bzw. Megajoule (MJ)/Normkubikmeter (Nm³))

Diesekraftstoff	36 MJ/Liter
Ottokraftstoff	32 MJ/Liter
Erdgas	33–38 MJ/Nm ³
Flüssiggas (LPG)	24 MJ/Liter
Ethanol	21 MJ/Liter
Biodiesel	33 MJ/Liter
Emulsionskraftstoff	32 MJ/Liter
Wasserstoff	11 MJ/Liter

1.3 Emissionskosten

(nach VgV, Anlage 2 Tabelle 2 – Emissionskosten im Straßenverkehr)

Kohlendioxid, CO ₂	0,03–0,04 € /kg
Stickoxide, NO _x	0,0044 €/g
Nichtmethankohlenwasserstoffe	0,001 €/g
Partikelförmig Abgabebestandteile	0,087 €/g

1.4 Fahrleistung

(nach VgV, Anlage 2, Tabelle 3, Kilometerleistung von Straßenfahrzeugen)

Fahrzeugklasse Kategorien M und N gemäß der Richtlinie 2007/46/EG	Gesamtkilometerleistung in km
Personenkraftwagen (M1)	200.000
Leichte Nutzfahrzeuge (N1)	250.000
Schwere Nutzfahrzeuge (N2, N3)	1.000.000
Busse (M2, M3)	800.000

2. Beispielberechnung**2.1 Angenommene Werte**

Kraftstoffart:	Diesel
Kraftstoffverbrauch:	6 Liter/100 km
Kohlendioxid, CO ₂	100 g/km
Stickoxide, NO _x	0,1427 g/km
Nichtmethan-Kohlenwasserstoffe	0,0 g/km
Partikelförmige Abgasbestandteile	0,0004 g/km

Kosten je Energiegehalt des Kraftstoffes vor Steuern	0,65 €
---	--------

2.2 Berechnung Energiekosten im Nutzungszeitraum**2.2.1 Energieverbrauch in MJ/km**

Kraftstoffverbrauch je 100 km (= 6) × MJ/km (= 36) / 100	= 2,16 MJ/km
---	--------------

2.2.2 Finanzieller Wert des Energiegehaltes:

Kosten je Energiegehalt des Kraftstoffes vor Steuern (= 0,65 €) / 36 MJ/Liter	= 0,018056 €/MJ
--	-----------------

2.2.3 Berechnung der über die Lebensdauer anfallenden Energiekosten

$2,16 \times 0,018056 \times 200.000$	7.800,00 €
---------------------------------------	------------

2.3 Berechnung CO₂-Emissionskosten im Nutzungszeitraum

Gesamtfahrleistung (= 200.000 km) × CO ₂ -Emission in kg/km (0,100 kg) × Emissionskosten/kg (0,03 €)	600,00 €
---	----------

2.4 Berechnung NO_x-Emissionskosten im Nutzungszeitraum

Gesamtfahrleistung (= 200.000 km) × NO _x -Emission in g/km (0,1427g) × Emissionskosten/kg (0,0044 €)	125,58 €
---	----------

2.5 Berechnung der Emissionskosten für Nichtmethan-Kohlenwasserstoffe im Nutzungszeitraum

Gesamtfahrleistung (= 200.000 km) × Nichtmethan-Kohlenwasserstoffe in g/km (0,001 g) × Emissionskos- ten/kg (0,001 €)	0,00 €
--	--------

2.6 Berechnung der Emissionskosten für partikelförmige Abgasbestandteile im Nutzungszeitraum

Gesamtfahrleistung (= 200.000 km) × partikelförmige Abgasbestandteile in g/km (0,0004 g) × Emissionskos- ten/kg (0,087 €)	6,96 €
--	--------

2.7 Umweltbetriebskosten

Umweltbetriebskosten während der gesamten Nutzungsdauer des Fahrzeugs	8.532,54 €
---	------------

3. Fahrzeugkosten

	Preis pro Fahrzeug	Preis für alle Fahrzeuge	Aufwand unter Berücksichtigung des Annuitätsfaktors
Kaufpreis	22.000,00 €	44.000,00 €	11.555,45 €
Zubehör A	3.000,00 €	6.000,00 €	1.575,74 €
Zubehör B	1.000,00 €	2.000,00 €	525,25 €
Zubehör C	800,00 €	1.600,00 €	420,20 €
Wartung, Inspektion im Nutzungszeitraum	1.000,00 €	2.000,00 €	525,25 €
Kfz Steuer im Nutzungszeitraum	400,00 €	800,00 €	210,10 €
Summe pro Jahr für alle Fahrzeuge			14.811,98 €
Summe für alle Fahrzeuge während der Nutzungsdauer			59.247,92 €
Umweltkosten innerhalb der Nutzungsdauer für alle Fahrzeuge			17.065,07 €
Gesamtkosten für alle Fahrzeuge innerhalb der Nutzungsdauer			76.312,99 €
Treibstoffkosten für alle Fahrzeuge innerhalb der Nutzungsdauer			33.600,00 €
Gesamtkosten für alle Fahrzeuge innerhalb der Nutzungsdauer bezogen auf Fahrzeugkosten, Umweltkosten, Treibstoff			109.912,99 €
Kosten pro km für ein Fahrzeug während der Nutzungsdauer			0,27 €
Umweltkosten pro km für ein Fahrzeug während der Nutzungsdauer			0,0427 €

Hinweis:

Die jeweiligen Berechnungen zu den Umweltbetriebskosten sowie zur Ermittlung der Lebenszykluskosten stehen als Datei unter www.rehmnz.de/habub zur Verfügung.

4. Kraftfahrzeuge mit Elektro-/Hybridantrieb (Kompaktklasse)

Die Bundesregierung erklärte bereits im Jahr 2007 die Förderung der Elektromobilität zu einem entscheidenden Baustein ihrer Klimaschutzstrategie¹⁾. Bereits im Jahr 2009 erfolgte mit der Erarbeitung des „Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität der Bundesregierung“ die erste konkrete Umsetzung der Klimaschutzstrategie in Zusammenarbeit mit Vertretern der Industrie und Forschung¹⁾. Ziel des Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität ist es, die Forschung und Entwicklung, die Marktvorbereitung und die Markteinführung von batteriebetriebenen Fahrzeugen in Deutschland voranzubringen²⁾. Das durch das BMWi, BMVI, BMUB und BMBF abgestimmte Förderprogramm erfasst alle Bereiche der Elektromobilität vom Fahrzeug über die Batterie und die Ladeinfrastruktur, Netzintegration und Energieversorgung, die Erarbeitung von Normen und Standards bis hin zu straßenverkehrs- und umweltrechtlichen Maßnahmen sowie steuerliche Anreizmechanismen. Ziel der Initiative ist, die CO₂-Emissionen im Straßenverkehr durch die Flottenverbrauchsgrenzwerte signifikant zu reduzieren¹⁾. Angestrebt wird ein CO₂-Ausstoß von weniger als 50 g CO₂ pro km.

Die Bundesregierung hat in diesem Zusammenhang im Regierungsprogramm u.a. eine Beschaffungsiniziativa beschlossen³⁾, auf deren Grundlage z. B. das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) in den letzten Jahren seinen Bestand sowohl an Hybridfahrzeugen als auch an reinen Elektrofahrzeugen konsequent ausgebaut hat. Das BMUB deckt seinen Strombedarf komplett aus regenerativen Energien. Die Erzeugung des Stroms für die Elektroautos erfolgt daher komplett CO₂-frei. Durch den Einsatz der im Februar 2014 übernommenen Elektrofahrzeuge senkt das BMUB die durchschnittliche CO₂-Emission auf 107 Gramm pro Kilometer⁴⁾.

Die CO₂-Bilanz von Elektroautos ist auch unter Berücksichtigung eines Strommixes von derzeit ca. 30 % Strom aus regenerativen Energien besser als

- 1) Regierungsprogramm Elektromobilität, BMWi, BMVI, BMUB, BMBF, Stand: Mai 2011.
- 2) <http://www.bmub.bund.de/service/publikationen/downloads/details/artikel/nationaler-entwicklungsplan-elektromobilitaet-der-bundesregierung/>.
- 3) BMWi, Allianz für eine nachhaltige Beschaffung, Stand: Oktober 2013, Leitfaden „Elektromobilität“.
- 4) S. Presseerklärung BMUB v. 14.2.2014 Nr.026/14 | Berlin, 14.2.2014 „Bundesumweltministerium ist Vorreiter bei der Beschaffung von Elektrofahrzeugen“.

die von Autos mit Verbrennungsmotor. Mit dem weiteren Ausbau der regenerativen Stromerzeugung ergeben sich deutliche Vorteile der Elektroautos bei den ganzheitlich betrachteten CO₂-Emissionen. Positive Effekte im Stromnetz entstehen, wenn Elektroautos ihre Batterien gezielt nicht zu Zeiten laden, an denen der Strombedarf hoch ist und durch das Zuschalten von Spitzenlastkraftwerken (meist Kohle oder Gas) gedeckt werden muss, sondern zu Zeiten, in denen ein Überschuss an regenerativ erzeugtem Strom vorhanden ist¹).

Grundsätzlich kann zwischen Fahrzeugen mit reinem Elektroantrieb und Fahrzeugen, die über einen zusätzlichen Verbrennungsmotor (Hybrid) verfügen, unterschieden werden.

Bei den **Hybridantrieben** werden derzeit unterschieden²):

1. Mikro-Hybrid

Mikrohybridfahrzeuge verfügen über eine Start-Stopp-Automatik und zusätzlich über eine Bremsenergieerückgewinnung zum Laden der Starterbatterie. Die Elektro-Maschine (Startergenerator) wird aber nicht zum Antrieb des Fahrzeugs genutzt. Vorteil ist eine Kraftstoffeinsparung durch Motorabschaltung im Stillstand und geringere Leistungsverluste als bei einer konventionellen Lichtmaschine³).

2. Mild-Hybrid

Der Elektroantriebsteil unterstützt den Verbrennungsmotor zur Leistungssteigerung. Der Elektromotor ist fest mit dem Verbrennungsmotor verbunden³). Die Bremsenergie kann in einer Nutzbremse teilweise wiedergewonnen werden⁴). Im Gegensatz zu einem parallelen Mild-Hybrid benutzt ein serieller Hybrid einen E-Motor für den Antrieb und einen Verbrennungsmotor als Generator für die Batterie oder zum direkten Antrieb. Der Verbrennungsmotor ist jedoch nicht direkt mit der Antriebsachse verbunden³).

3. Voll-Hybrid

Voll-Hybrid-Fahrzeuge verfügen über eine Bremsenergieerückgewinnung sowie über eine Start-Stopp-Funktion²).

Bei einem Vollhybrid kann sowohl der Verbrennungsmotor als auch der Elektromotor das Fahrzeug antreiben. Beim seriellen Vollhybrid besitzt

1) <http://de.wikipedia.org/wiki/Elektroauto>; zeit-online.de, 30. Januar 2012: Wirbel um Studie zur Klimabilanz von Elektroautos <http://www.zeit.de/news/2012-01/30/verkehr-wirbel-um-studie-zur-klimabilanz-von-elektroautos-30172202>.

2) BMWi, Allianz für eine nachhaltige Beschaffung, Stand: Oktober 2013, Leitfaden „Elektromobilität“.

3) <http://de.wikipedia.org/wiki/Hybridelektro kraftfahrzeug>, Stand: Februar 2014.

4) <http://hybrid-piloten.de/mild-voll-und-plug-in-hybrid/>, Stand: Februar 2014.

der Verbrennungsmotor keine direkte Verbindung mehr zur Antriebsachse, er treibt lediglich einen Generator an. Nur der Elektromotor besitzt eine Verbindung zur Antriebsachse, sodass letztlich die komplette Antriebskraft über den elektrischen Weg übertragen wird¹⁾.

Beim parallelen Vollhybrid arbeiten beide Antriebsarten unabhängig voneinander parallel, sodass zusätzlich zum elektrischen Antrieb der Verbrennungsmotor seine Kraft auch direkt auf die Räder übertragen kann¹⁾.

Batterie:

1. Plug-in-Hybrid

Die Batterie wird extern über das Stromnetz aufgeladen. Beim Bremsen wird ein Teil der Energie zurückgewonnen. Der Verbrennungsmotor wird bei längeren Strecken oder höheren Leistungsanforderungen genutzt²⁾.

2. BEV – Battery Electric Vehicle

Das Fahrzeug wird nur mit Batteriestrom bewegt. Ist die Batterie leer, kann das Fahrzeug nicht weiterfahren. Die Batterie muss über das Stromnetz aufgeladen werden²⁾.

3. Range-Extender

Das Fahrzeug wird ausschließlich vom Elektromotor angetrieben. Beim Bremsen wird ein Teil der Energie zurückgewonnen. Die Batterie wird extern über das Stromnetz geladen. Ist die Batterie leer, produziert der Verbrennungsmotor mittels eines Generators Strom. Die Batterie wird wieder aufgeladen. Durch den Verbrennungsmotor kann die Reichweite des Fahrzeuges verlängert werden²⁾.

Lademöglichkeiten der Batterie:

1. Haushaltssteckdose

Die meisten derzeit auf dem Markt erhältlichen Elektrofahrzeuge können die Traktionsbatterie an Schukoanschlüssen, also „normalen“ Haushaltssteckdosen laden. Diese können aber nur relativ wenig Leistung übertragen (einphasig, 230 V/16 A; 3,6 kW), wodurch das Laden je nach Akkukapazität zwischen 6 und 12 Stunden dauert²⁾.

2. Wallbox

Als Wallbox wird eine Anschlussmöglichkeit zum Laden moderner Elektroautos bezeichnet. Die Wallbox stellt dabei die Steckverbindung für das Ladekabel und die Verbindung zum Stromnetz zur Verfügung. Eine Nachladung mit 11 kW benötigt Ladezeiten (je nach Akkugröße) von 1–2 Stunden. Vorteilhaft ist der einfache Aufbau dieser Wallboxen, da neben dem

1) <http://hybrid-piloten.de/mild-voll-und-plug-in-hybrid/>, Stand: Februar 2014.

2) BMWi, Allianz für eine nachhaltige Beschaffung, Stand: Oktober 2013, Leitfaden „Elektromobilität“.

dreiphasigem Laden auch die standardmäßigen Bordladegeräte mit 230 V (max. 3,6 kW) ohne weitere Absicherung auf einer Phase betrieben werden können¹⁾. Die Wallbox ist für den Hausgebrauch konzipiert. Die Möglichkeit einer Erfassung nach Kostenstellen ist nicht gegeben.

3. Ladestation/Ladesäule

Ladestationen bzw. Ladesäulen sind für den Außenbereich (Firmengelände/Parkhäuser) entwickelt worden und verfügen in der Regel über einen Gleichstromanschluss. Mit Gleichstrom kann die Batterie direkt mit einer hohen Ladeleistung geladen werden. Während die heute üblichen Wechselstrom-Ladeeinrichtungen eine Leistung von maximal zehn Kilowatt erreichen, leisten Gleichstromanlagen schon 50 Kilowatt. Damit verringert sich die Ladezeit signifikant und sinkt auf 10 bis 30 Minuten für die komplette Batterie. Das gleichzeitige Aufladen mehrerer Batterien ist möglich, ebenso die Erfassung des Energiebedarfs nach Kostenstellen.

Weitere Informationen sind unter u.a. unter info@ggemo.de; www.bmvi.de, www.bmwi.de, www.bmub.de, www.bmbf.de, www.foerderinfo.bund.de, www.erneuerbar-mobil.de und www.nachhaltige-beschaffung.de erhältlich.

Die als Arbeitshilfe vorhandenen Berechnungstabellen ähneln in ihrem Aufbau den Berechnungstabellen für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Die Tabelle ist so aufgebaut, dass hinsichtlich der Ermittlung des wirtschaftlichsten Angebots neben dem Preis noch andere Kriterien Berücksichtigung finden können. Die aufgeführten Kriterien einschließlich ihrer Gewichtung stellen lediglich einen Vorschlag dar. Sie sind nicht abschließend, die Gewichtung ist veränderbar.

Die Ermittlung der Betriebskosten für Kraftfahrzeuge wird ergänzt um Bewertung von Kfz in der Kompaktklasse mit Elektro- bzw. Hybridantrieb. Elektrofahrzeuge werden mit elektrischer Energie angetrieben, die in der Regel in einer Batterie gespeichert wird. Neben dem Elektromotor können die Fahrzeuge mit einem zusätzlichen Verbrennungsmotor (Diesel- oder Ottomotor) ausgerüstet sein.

1) <http://de.wikipedia.org/wiki/Wallbox>, Stand: Februar 2014.