

Lebenszyklusanalyse von Elektrofahrzeugen und Ladestationen im Zuge des Projektes CEMOBIL

Im Zuge des Projektes CEMOBIL wurden insgesamt 35 E-PKW, 1 E-Bus, 10 E-Microcars, 2 leichte Nutzfahrzeuge mit Elektroantrieb, 10 E-Bikes, 10 E-Scooter sowie 1 Solarschiff angeschafft und innerhalb des Projektes betrieben. Zusätzlich wurde die für den Betrieb notwendige Infrastruktur geschaffen. Diese bestand aus 50 Ladestationen welche im Zuge des Projektes vom Projektpartner Land Kärnten errichtet wurden. Weiters sollen noch 50 Elektro Ladestationen durch Privatinitiativen (z.B. Wohnbauträger, Einkaufszentren etc.) hinzukommen.

Die Nutzung der Elektrofahrzeuge erfolgt durch private Personen, öffentliche Einrichtungen, Fahrschulen und Taxiunternehmen, welchen die Fahrzeuge zu Testzwecken zur Verfügung stehen.

Um die Einsparungen an CO₂ äquivalenten Emissionen durch die Elektroflotte darstellen zu können, wurde eine Life Cycle Analyse durchgeführt. Dabei wurde der Carbon Foot-print für die eingesetzte Elektroflotte und für die dadurch substituierten Fahrzeuge mit Verbrennungskraftmotor (VKM) ermittelt und gegenübergestellt.

Für die Bewertung der Emissionen aus der Stromerzeugung wurden zwei Ansätze gewählt. Einerseits wurde die Berechnung mit dem österreichischem Strommix gemäß Energy Control in der Höhe von 370 gCO₂e/kWh durchgeführt, andererseits kam der regionale Strommix der Stadt Klagenfurt in der Höhe von 25 gCO₂e/kWh zum Ansatz.

Durch den Einsatz der innerhalb des Projektes CEMOBIL betriebenen Flotte kommt es bei den beiden Ansätzen zu Reduktionen der CO₂ äquivalenten Emissionen in der Höhe von 57% für den österreichischen Strommix, bzw. von 87% bei Ansatz des regionalen Strommix.

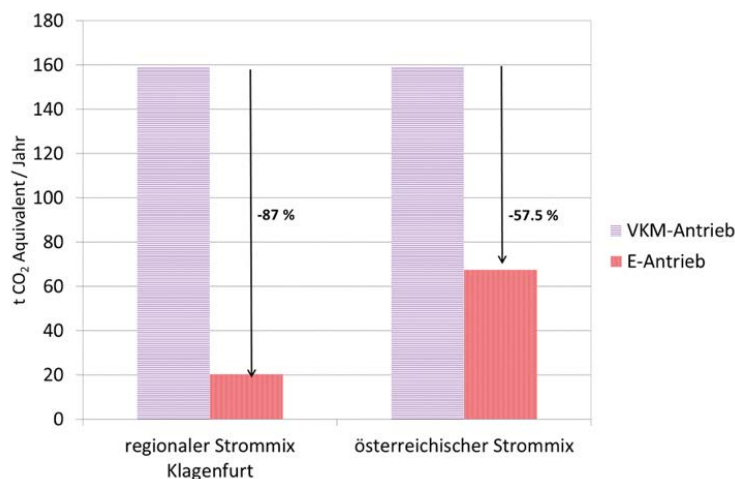


Abbildung 16: Einsparung an CO₂ äquivalenten Emissionen durch die CEMOBIL Elektrofahrzeugflotte

Zu beachten ist, dass die Energy Control keine rechtliche Legitimation zur Ausweisung eines regionalen Produktmixes sieht, und die Meinung vertritt, dass zur besseren Vergleichbarkeit und zur Vermeidung von irreführenden Informationen ausschließlich der österreichische Strommix [3] anzuführen ist.

Um einen Transportleistung darzustellen stellen Personenkilometer eine allgemeine Maßeinheit dar. Die höchsten Emissionswerte erzielen erwartungsgemäß die PKW mit ihrem niedrigen Besetzungsgrad von 1.1, und den gegenüber anderen Fahrzeugen mit niedrigem Besetzungsgrad (E-Scooter, Microcars) höherem Niveau an Emissionen je Fahrzeugkilometer. Bedingt durch den hohen Besetzungsgrad von 24 Personen erzielt bei dieser Betrachtungsweise der Stadtbus ein sehr geringes Emissionsniveau.

Tabelle 7: Übersicht der CO₂ äquivalenten Emissionen in gCO₂e/ Personenkilometer der Elektrofahrzeuge und der Substitutionsfahrzeuge auf Basis des österreichischen Strommix mit 370 gCO₂e/kWh und auf Basis des regionalen Strommix in Klagenfurt mit 25 gCO₂e/kWh

Elektrofahrzeuge			Substitutionsfahrzeuge	
Fahrzeugklasse	CO ₂ e/Pers-km (regionaler Strommix 25gCO ₂ /kWh)	CO ₂ e/Pers-km (öst. Strommix 370gCO ₂ /kWh)	CO ₂ e/Pers-km	Fahrzeugklasse
PKW	29.60	90.27	193.09	VKM PKW Mix*
Taxi	32.54	110.07	173.11	Diesel PKW
Bus	3.36	18.59	54.45	Diesel Bus
Leichtes Nutzfahrzeug	22.14	83.06	190.00	Diesel Leichtes Nutzfahrzeug
Microcar	13.25	45.32	202.29	VKM PKW Mix mit Faktor 0,5 bewertet**
E-Scooter	15.61	22.99	85.84	Motorfahrräder (Mofa)
Pedelec (Elektrofahrad)	5.54	10.41	106.20	VKM PKW Mix mit Faktor 0,5 bewertet**
Schiff	36.35	75.92	271.35	VKM Schiff

Gemäß der Zulassungsstatistik sind in Klagenfurt zusätzlich zu den Fahrzeugen im Projekt CEMOBIL weitere Elektrofahrzeuge angemeldet.

Tabelle 8: Auszug aus der Zulassungsstatistik

	Elektrofahrzeuge mit Zulassung					Sonstige	
	PKW	Motofahreräder	Microcars	Stadtbus	Leichte Nutzfahrzeuge	E-Fahrräder	Schiff
Klagenfurt	76	126	25	1	29	10	1
davon CEMOBIL	35	10	10	1	2	10	1

Mit einer Hochrechnung wurde, ausgehend von den Werten der LCA, die Einsparung an CO₂ äquivalenten Emissionen durch alle in Klagenfurt eingesetzten E-Fahrzeuge ermittelt.

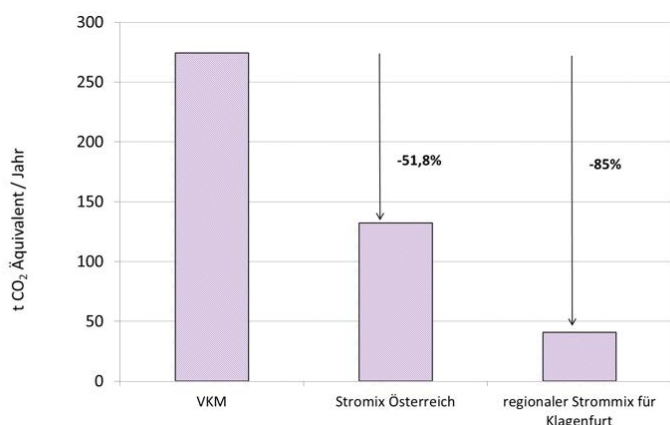


Abbildung 17: Einsparung an CO₂ äquivalenten Emissionen durch die gesamten Klagenfurter Elektrofahrzeugflotte auf Basis österreichischer Strommix

Die Aufsummierung der CO₂ äquivalenten Emissionen der Klagenfurter Elektroflotte ergeben jährliche Emissionen von 132 t CO₂e/Jahr. Die dadurch substituierte Flotte an VKM-betriebenen Fahrzeugen verursacht 274 t CO₂e/Jahr. Es ergibt sich also für die gesamte E-Flotte eine Emissionsreduktion von rund 52%.

Zieht man den regionalen Klagenfurter Strommix für die Berechnung heran, emittiert die gesamte Klagenfurter Elektroflotte 40 t CO₂e/Jahr. Bei dieser Betrachtungsweise beträgt die Emissionsreduktion 85%.

1. Literatur

- [E. Burger: Inhaltsanalytische Ermittlung relevanter Kriterien zur Berechnung des Carbon Footprint bei Lebensmitteln, Masterarbeit, Wien, im März 2010
- Sammer G., Röschel G., Gruber C., Schwingshackl M., Zach B., Rexeis M. Hausberger S., Blassnegger J., Zallinger M.: Evaluierungsmethode für Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr, Endbericht einer Studie im Auftrag des Österreichischen Klima- und Energiefonds, Graz – Wien, Dezember 2010.
- Energy Control Austria: Stromkennzeichnungsbericht 2011
- Haas R. et al. 2009: Entwicklung von Szenarien der Verbreitung von PKW mit teil und voll-elektrifiziertem Antriebsstrang unter verschiedenen politischen Rahmenbedingungen ELEKTRA, Wien, 31.8.2009
- R. Grießhammer et. Al.: CO₂-Einsparpotenziale für Verbraucher, Öko-Institut e.V. Geschäftsstelle Freiburg, Freiburg, 12. Juli 2010
- www.umweltbundesamt.at/emas/CO2_mon/CO2_mon.htm
- www.stw.at/privatkunden/energie/strom/stromkennzeichnung/
- Schwingshackl M., Hausberger S.: Straßenverkehrsemissionen und Emissionen sonstiger mobiler Quellen Österreichs für die Jahre 1990 bis 2012; Erstellt im Auftrag des Umweltbundesamtes GmbH; Graz; Bericht Nr. IVT-33/2013/ Schwi Em 12/2013-679 vom 10.12.2013.

Life Cycle Analysis of Electric Vehicles and of Charging Stations during the CEMOBIL Project

In the context of the project CEMOBIL, 35 e-passenger cars, 1 e-bus, 10 e-microcars, 2 light-duty vehicles with electric propulsion, 10 e-bikes, 10 e-scooters and 1 solar boat were acquired and operated as part of the project. In addition, the necessary infrastructure was created, consisting of 50 charging stations, which were set up in the framework of the project by the Land of Carinthia, a partner to the project. Plans are to complement these by another 50 charging stations to be built at private initiatives (e.g. housing agencies, shopping centres, etc.).

The electric vehicles were used by private persons, public institutions, driving schools and taxi companies. They were able to use these vehicles for test purposes.

To demonstrate the savings in CO₂-equivalent emissions achieved by the electric fleet, a life cycle analysis was performed by determining and comparing the carbon footprint of the deployed electric vehicles and the footprint of the substituted vehicles with internal combustion engines (ICE).

To evaluate the emissions to be attributed to the generation of electricity, two approaches were adopted for the calculation. One was based on the Austrian electricity mix acc. to Energy Control amounting to 370g CO₂e/kWh, the other one used the electricity mix of the City of Klagenfurt amounting to 25g CO₂e/kWh.

Operating the CEMOBIL fleet resulted in a reduction of CO₂-equivalent emissions by 57% when applying the Austrian electricity mix and by 87% when using the regional electricity mix as a basis.

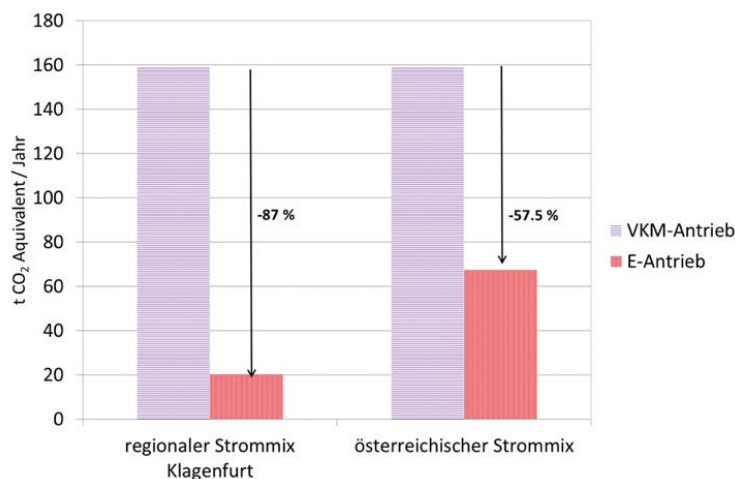


Figure 16: Savings in CO₂-equivalent emissions by deploying the CEMOBIL fleet of electric vehicles

It needs to be borne in mind that Energy Control does not see any legal basis for showing a regional product mix and believes that the Austrian electricity [3] mix should be used exclusively for better comparability and to avoid misleading information.

To illustrate transport activities, passenger kilometres are used as a general unit of measurement. As expected, cars with their low occupancy rate of 1.1 have the highest emissions per kilometre driven also versus other vehicles with a low occupancy rate (e-scooters, microcars). Given their high occupancy rate of 24 persons, the emission level of city buses is extremely low in an analysis of this kind.

Table 7: Overview of CO₂-equivalent emissions in g CO₂e/ passenger kilometres of electric vehicles and of the substituted vehicles based on the Austrian electricity mix of 370g CO₂e/kWh and of 25g CO₂e/kWh based on the regional electricity mix of Klagenfurt.

Electric vehicles	CO ₂ e/pass. km (regional electricity mix 25g CO ₂ e/kWh)	CO ₂ e/pass. km (Austrian electricity mix 370g CO ₂ e/kWh)	Substituted vehicles CO ₂ e/pass. km	Vehicle category
Passenger car	29.6	90.27	193.09	ICE passenger car mix*
Taxi	32.54	110.07	173.11	Diesel passenger car
Bus	3.36	18.59	54.45	Diesel bus
Light-duty vehicle	22.14	83.06	190.00	Diesel light-duty vehicle
Microcar	13.25	45.32	202.29	ICE passenger car mix rated with a factor of 0.5**
E-scooter	15.61	22.99	85.84	Motorised bicycles (Mofa)
Pedelec (electric bike)	5.54	10.41	106.2	ICE passenger car mix rated with a factor of 0.5**
Boat	36.35	75.92	271.35	ICE boat

According to registration statistics, further electric vehicles have been registered in Klagenfurt in addition to the CEMOBIL project vehicles.

Table 8: Excerpt from the registration statistics

	Electric vehicles with registration	Others					
	Passenger cars						
	Motorised bicycle						
	Microcars	City bus	Light-duty vehicles				
	E-bikes	Boat					
Klagenfurt	76	126	25	1	29	10	1
thereof CEMOBIL	35	10	10	1	2	10	1

Based on the LCA, the savings in CO₂-equivalent emissions achieved by all e-vehicles operating in Klagenfurt were extrapolated.

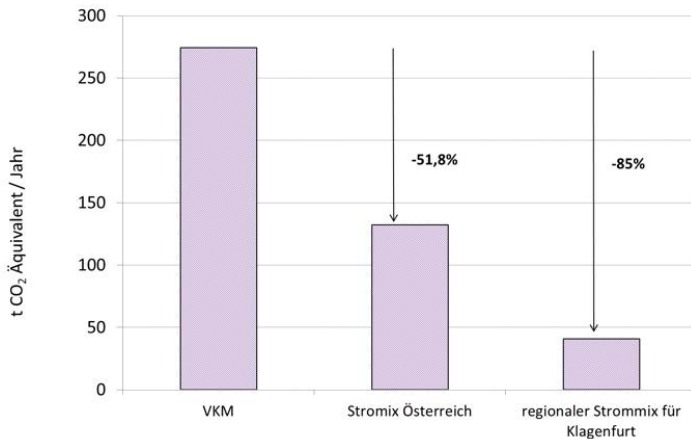


Figure 2: Savings in CO₂-equivalent emissions achieved by all e-vehicles operating in Klagenfurt based on the Austrian electricity mix

When adding up the CO₂-equivalent emissions caused by Klagenfurt's electric fleet, they amount to 132t CO₂e/year. The fleet of substituted ICE vehicles produces 274t CO₂e/year. Thus, the reduction in emissions achieved by the entire e-fleet amounts to approx. 52%.

When applying the regional Klagenfurt electricity mix, Klagenfurt's entire electric fleet emits 40t CO₂e/year. When adopting this approach, the decrease in emissions is 85%.

1. References

- [E. Burger: Inhaltsanalytische Ermittlung relevanter Kriterien zur Berechnung des Carbon Footprint bei Lebensmitteln, Masterarbeit, Wien, im März 2010
- Sammer G., Röschel G., Gruber C., Schwingshackl M., Zach B., Rexeis M. Hausberger S., Blassnegger J., Zallinger M.: Evaluierungsmethode für Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr, Endbericht einer Studie im Auftrag des Österreichischen Klima- und Energiefonds, Graz – Wien, Dezember 2010.
- Energy Control Austria: Stromkennzeichnungsbericht 2011
- Haas R. et al. 2009: Entwicklung von Szenarien der Verbreitung von PKW mit teil und voll-elektrifiziertem Antriebsstrang unter verschiedenen politischen Rahmenbedingungen ELEKTRA, Wien, 31.8.2009
- R. Griebhammer et. Al.: CO₂-Einsparpotenziale für Verbraucher, Öko-Institut e.V. Geschäftsstelle Freiburg, Freiburg, 12. Juli 2010
- www.umweltbundesamt.at/emas/CO2mon/CO2mon.htm
- www.stw.at/privatkunden/energie/strom/stromkennzeichnung/
- Schwingshackl M., Hausberger S.: Straßenverkehrsemissionen und Emissionen sonstiger mobiler Quellen Österreichs für die Jahre 1990 bis 2012; Erstellt im Auftrag des Umweltbundesamtes GmbH; Graz; Bericht Nr. IVT-33/2013/ Schwi Em 12/2013-679 vom 10.12.2013