

# Klimaneutralität und Kreislaufwirtschaft – Stand des Wissens und Zukunftsperspektiven am Beispiel Elektrofahrzeug

Themenbereich: Dekarbonisierung: Verkehrssektor

Gerfried JUNGMEIER<sup>1(1)</sup>

<sup>(1)</sup>JOANNEUM RESEARCH

## Motivation und zentrale Fragestellung

Klimaneutralität und Kreislaufwirtschaft sind die zentralen Herausforderungen unseres zukünftigen Wirtschaftssystems. Da die Klimaneutralität und die Kreislaufwirtschaft zeitabhängig sind, können diese nur mit der Methode der dynamischen Lebenszyklusanalyse wissenschaftlich untersucht und bewertet werden, wobei der zeitliche Anfall der Treibhausgas-Emissionen sowie der Rohstoffbedarf im Lebenszyklus von Produkten und Dienstleistungen untersucht werden. Hier wird der aktuelle Stand des Wissens und der Anwendung dieser Methode auf Elektrofahrzeuge erarbeitet, wie er derzeit in der Technologiekooperation (TCP) der Internationalen Energieagentur (IEA) zu Hybrid and Electric Vehicles (HEV) erarbeitet und angewandt wurde.

## Methodische Vorgangsweise

Es werden (dynamische) Lebenszyklusanalysen von Elektrofahrzeugen und Fahrzeugflotten durchgeführt, um die Möglichkeiten und Randbedingungen der Kreislauffähigkeit und der Klimaneutralität von zukünftigen Elektrofahrzeugen erarbeiten zu können. Hierzu wird die langjährige Zusammenarbeit und Methodenentwicklung in der IEA TCP-HEV mit 20 Ländern zur Umweltbewertung mit Lebenszyklusanalysen genutzt (ieahev.org).

## Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die folgenden Lessons Learnt fassen die bisherigen Ergebnisse zusammen:

1. Umweltauswirkungen können nur auf Basis von Lebenszyklusanalysen untersucht und bewertet werden. Andere Methoden, wie z.B. Well-to-Wheel (WtW) sind hierzu nicht geeignet, da wesentliche Teile im Lebenszyklus nicht erfasst werden.
2. Die Systemgrenzen der LCA müssen alle Phasen im Lebenszyklus eines Fahrzeuges umfassen, die Fahrzeugherstellung, den Betrieb mit der Bereitstellung der Energie sowie die Verwertung bzw. Entsorgung.
3. Die untersuchten Transportsysteme müssen eindeutig festgelegt und beschrieben werden, wobei die Fahrzeugkategorie, das Antriebssystem, der Energieträger, der Primärenergieträger, Stand der Technik sowie das Land/Region angeführt werden müssen.
4. Die wesentlichen Parameter, die die Umweltauswirkungen von Elektro-Fahrzeugen beeinflussen, sind: Art der Stromerzeugung und dessen Entwicklung bis 2030/2050, Lebensdauer bzw. gefahrene Kilometer im Lebenszyklus, Energiebedarf des Fahrzeugbetriebes, Anteil an rein elektrischer Betriebsweise bei PHEV, Batterieproduktion (inkl. Produktionsland), Batterie-Kapazität sowie Reuse bzw. Recycling von Batterien.
5. In der LCA erfolgt die Bewertung von den Umweltauswirkungen ausgehend von der Sachbilanz zu Zwischen- bzw. Endpunkt-Indikatoren. Wenn die geografischen Orte der Umweltauswirkungen berücksichtigt werden, können die Mid-Point-Indikatoren in globale, regionale und lokale Umweltauswirkungen unterteilt werden, wobei die globalen Umweltauswirkungen für die Methode der LCA am wichtigsten sind.
6. Die Mindest-Anforderung bei der Umweltbewertung von Fahrzeugen ist es, im Rahmen der LCA die Treibhausgas-Emissionen mit den Anteilen an CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O und den Primärenergiebedarf mit den Anteilen an fossiler und erneuerbarer Energie zu ermitteln.
7. Die möglichen wesentlichen Auswirkungen auf das Wasser von konventionellen VKW (inkl. der Beimischung von Biotreibstoffen) sind die Förderung und Raffination von Rohöl, der landwirtschaftliche Rohstoffanbau und die Fahrzeug-Produktion; bei Elektro-Fahrzeugen die Stromerzeugung (z.B. Wasserkraft, thermische Kraftwerke), sowie die Batterie- und Fahrzeug-Produktion.

---

<sup>1</sup> Waagner-Biro-Str 100, 8010 Graz, [gerfried.jungmeier@joanneum.at](mailto:gerfried.jungmeier@joanneum.at); +43 316 876 7630

8. Die wesentlichen globalen Umweltauswirkungen, die (zukünftig) in LCAs von Elektro-Fahrzeugen untersucht werden müssen, sind: Treibhausgas-Emissionen, Primärenergiebedarf, Bedarf an mineralischen und metallischen Rohstoffen, Wasser-Fußabdruck (Sachbilanz) und Landnutzung (Sachbilanz). Die Ergebnisse zu diesen globalen Umweltauswirkungen müssen insgesamt, aber auch nach den 3 Hauptphasen der LCA dokumentiert und kommuniziert werden.
9. Mögliche Rebound Effekte können in der LCA bei der Festlegung der funktionalen Einheit und bei der Substitutionsrate berücksichtigt werden. Die Analyse der möglichen Rebound-Effekte hat gezeigt, dass beim Vergleich von Elektro- mit konventionellen VKM-Fahrzeugen die folgenden Aspekte erfasst werden sollen: Anzahl der ersetzten VKM-Fahrzeuge, Ersatz anderer Transportsysteme wie öffentlicher Verkehr und zu Fuß gehen, unterschiedliche Jahreskilometer, Lebensdauer der Fahrzeuge (inkl. Batterie) sowie Reichweite pro Tankfüllung bzw. Ladung.
10. Die Aspekte der dynamischen LCA, z.B. Entwicklung der jährlichen Umweltauswirkungen, werden relevant bei der stark steigenden Anzahl an Elektro-Fahrzeugen und dem damit verbundenen stark steigenden zusätzlichen Bedarf an erneuerbaren Strom. Der Zeitverlauf der Umweltauswirkungen ist relevant für die drei Phasen im Lebenszyklus, die zusätzliche Stromerzeugung sowie die Substitutionseffekte und den zeitlichen Verlauf der Umweltveränderungen bei Ersatz von VKM- und Elektro-Fahrzeuge. The Umweltauswirkungen aus der LCA sollten also im zeitlichen Verlauf dargestellt werden.
11. Die Klimaneutralität und Kreislauffähigkeit kann nur im Rahmen von dynamischen Lebenszyklusanalysen wissenschaftlich nachgewiesen werden, wie am Beispiel der Szenarien der öster. Fahrzeugflotte bis 2050 (Abbildung 1)

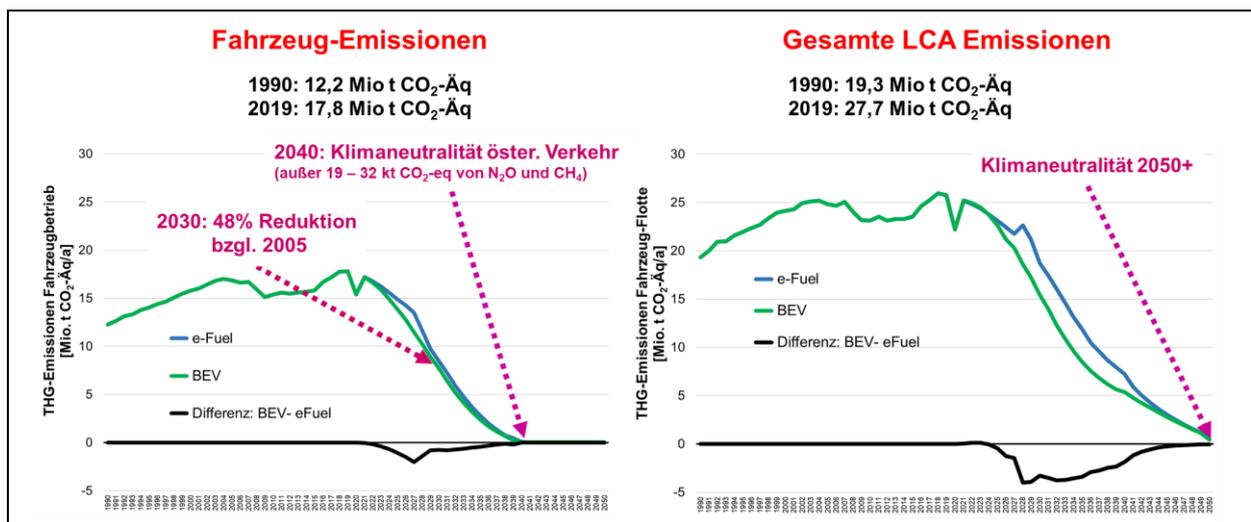


Abbildung 1: Entwicklung der THG-Emissionen der öster. Fahrzeugflotte zur Klimaneutralität in dynamischen Lebenszyklusanalysen