

# Vergleichende Lebenszyklusanalyse eines Leichtelektrofahrzeugs

P. Beckert<sup>1,2</sup>, A. Ortwein<sup>2</sup>, S. Wüstenhagen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS | Walter-Hülse-Straße 1 | 06120 Halle (Saale)  
paul.beckert@imws.fraunhofer.de | sven.wuestenhagen@imws.fraunhofer.de

<sup>2</sup>Hochschule Merseburg | Fachbereich Ingenieur- und Naturwissenschaften | Eberhard-Leibnitz-Str. 2 | 06217 Merseburg  
andreas.ortwein@hs-merseburg.de

## PROBLEMSTELLUNG

Im Leichtbau kommen faserverstärkte Kunststoffe (FVK) zum Einsatz, welche in der Regel aus nicht erneuerbaren Quellen stammen und einen hohen Aufwand an Primärenergie erfordern.

Um die Umwelteinwirkung von FVKs zu reduzieren, lassen sich Glas- durch Naturfasern substituieren. Die komplexen Umweltwirkungen von Faserverbunden sollen am Anwendungsbeispiel Light Electric Vehicle (LEV) für die Paketzustellung auf der letzten Meile methodisch untersucht werden.



Abbildung 1: Prototyp Cargo Cruiser II (CC II) in Mischbauweise (Stahlrahmen und Aufbauten in NF/EP) [1]

## LÖSUNGSWEG

In einer Lebenszyklusanalyse (life cycle assessment – LCA) nach DIN ISO 14040/44 [2] wurden die Umwelteinwirkungen während des gesamten Lebensweges (cradle to grave) analysiert. Besonderer Fokus wurde dabei auf das Global Warming Potential (GWP) nach IPCC 2013 gelegt.

In einer Sensitivitätsanalyse wurden für das Leichtfahrzeug zwei Konstruktionsweisen (Mischbauweise und Faserverbundkonstruktion) und der Einsatz von Naturfasern (NF) und Glasfasern (GF) sowie Epoxid-Matrix (EP) und Polypropylenmatrix (PP) in den Phasen Herstellung, Nutzung und End of Life (EOL) vergleichend untersucht. Die Vorzugsvariante des LEV wurde mit einem e-PKW, beide mit jeweils 250 kg Beladung, verglichen.

Die Funktionelle Einheit der LCA wurde auf 1 Tonnenkilometer (tkm) festgelegt. Die Systemgrenze liegt innerhalb Deutschlands. Für die Fertigung der Fahrzeugstruktur wurden vom Projektpartner FVK GmbH Primärdaten zu Energie- und Stoffströmen bereitgestellt. Datensätze zu Energiemix und Halbzeugen wurden als Sekundärdaten der Datenbank ecoinvent [3] bzw. European Product Declarations entnommen. Aufgrund noch nicht verfügbarer Sekundärdaten für die Verwertung von Faserverbunden wurde das EOL der FVK in dieser Untersuchung als temporäre Deponierung modelliert.

## ERGEBNISSE

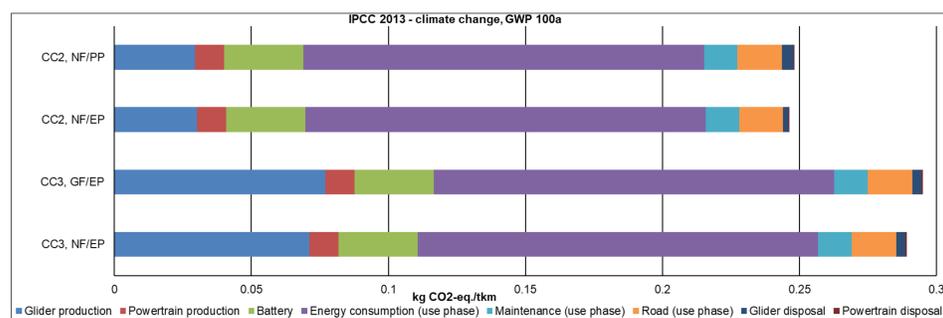


Diagramm 1: Vergleich des GWP vom CC II mit NF/PP bzw. NF/EP und vom CC III (Faserverbundkonstruktion) jeweils mit GF/EP und NF/EP

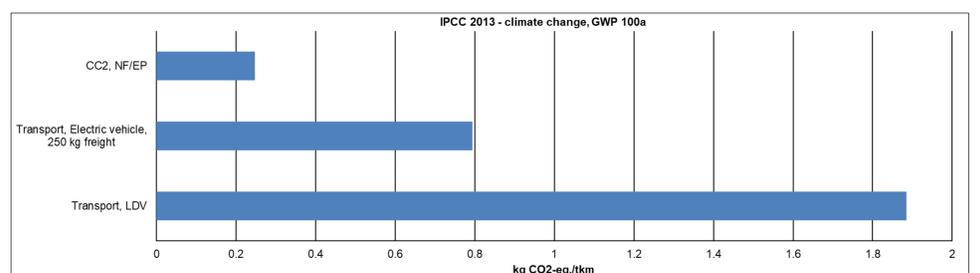


Diagramm 2: Vergleich des GWP vom CC II mit NF/EP, einem e-PKW mit 250 kg Fracht und einem Leichtkraftfahrzeug mit Verbrennungsmotor

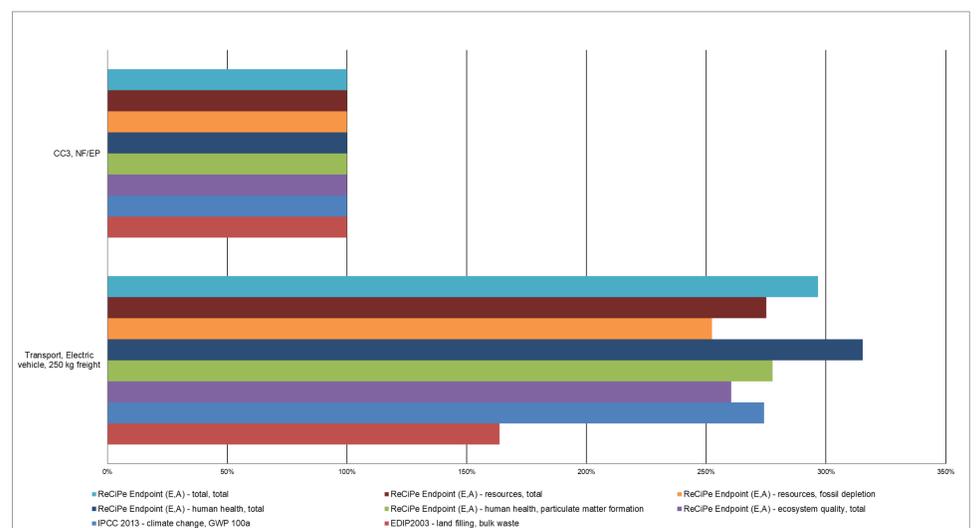


Diagramm 3: Relativer Vergleich des GWP und weiteren Auswertungsmethoden zum Umwelteinfluss für den Lebenszyklus des Leichtfahrzeugs CC III (Aufbauten in NF/EP) und eines e-PKWs mit je 250 kg Fracht

## AUSWERTUNG

Die LCA [4] zeigt, dass der Elektroenergieverbrauch (deutscher Strommix 2017) in der Nutzungsphase den höchsten Umwelteinfluss erzeugt. Mit der Nutzung von NFK können Treibhausgase (THG) in der Herstellungsphase reduziert werden. Nach aktuellem Kenntnisstand bieten NFK am EOL die CO<sub>2</sub>-neutrale energetische Verwertung, während für GFK i.d.R. energetisch intensive Pyrolyseprozesse stehen, bzw. Beimischung von Brennstoffen. In dieser LCA wurde das EOL der Faserverbunde nicht in die Bewertung einbezogen, der Betrachtungsrahmen ist also eine konservative Annahme.

LEVs für den Stadtverkehr ( $V_{max}$  50 km/h, z.B. für die Paketzustellung auf der Letzten Meile) weisen ein hohes Potenzial zur Reduktion von Umwelteinflüssen wie dem GWP auf, da z.B. der Aufwand für die Traktionsbatterie geringer ausfällt und der Energieaufwand in der Nutzungsphase reduziert ist. Obwohl z.B. für den Fahrzeugaufbau glasfaserverstärkte Sandwichplatten mit EP Matrix ein höheres GWP in der Produktion aufweisen, können durch deren geringere Gesamtmasse Emissionen im Gesamtlebenszyklus gespart werden. Im Vergleich zum Leichtkraftfahrzeug mit Verbrennungsmotor haben alle Konstruktionen für das LEV ein hohes Reduktionspotential von THGs (ca. 80 %).

## QUELLEN

- [1] Wüstenhagen, S., 2019. LEVmodular – mit neuer Mobilität zur ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft. Halle (Saale): Fraunhofer IMWS.
- [2] ISO 14044, 2006. Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and Guidelines (ISO 14044:2006)
- [3] Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., and Weidema, B., 2016. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. The International Journal of Life Cycle Assessment, 21(9), 1218–1230. <http://link.springer.com/10.1007/s11367-016-1087-8>
- [4] Wüstenhagen, S., Beckert, P., Lange, O., Franze, A., 2021. Light Electric Vehicles for Muscle–Battery Electric Mobility in Circular Economy: A Comprehensive Study. Sustainability 2021, 13(24), 13793. <https://doi.org/10.3390/su132413793>