



A. Briem, A. Lozanovski, M. Baumann

## Ökobilanzielle Betrachtung eines London Taxi mit Brennstoffzelle

### 1. Einleitung

Luftverschmutzung ist vor allem in urbanen Räumen ein Problem. Ein großer Teil der Schadstoffe, die dafür verantwortlich sind, können auf den Verkehrssektor zurückgeführt werden. Daher werden immer strengere Emissionsstandards für Kraftfahrzeuge gesetzlich vorgeschrieben. Auf lange Sicht können nur lokal emissionsfreie Fahrzeuge die steigenden Ansprüche erfüllen. Hier bilden Brennstoffzellenfahrzeuge eine potentiell nachhaltige Lösung, da sie an Bord Strom aus Wasserstoff generieren und damit elektrisch angetrieben werden. Dabei haben diese ähnlich große Reichweiten wie konventionelle Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor und somit einen Vorteil gegenüber anderen Elektrofahrzeugen, die bisher nur kurze Reichweiten verzeichnen können.

### 2. Ziel der Arbeit

Die Arbeit [1] beschäftigt sich mit der ökobilanziellen Betrachtung eines London Taxi mit Brennstoffzelle, das im Rahmen des EU-Projektes „HyTEC“ eingesetzt wird. Es soll am Ende mit dem konventionellen Dieseltaxi verglichen werden, um Vorteile und Schwächen bezüglich der Umweltwirkungen zu erkennen und daraus Verbesserungsmöglichkeiten abzuleiten. Die in [1] verwendete Methodik der Ökobilanz basiert auf den internationalen Normen ISO 14040 [2] und ISO 14044 [3]. Auf der Datengrundlage einer detaillierten Materialliste vom Hersteller der Brennstoffzelle sowie einer weiterführenden Literaturrecherche wird ein Modell des Produktsystems in der Ökobilanz-Software GaBi 6 erstellt. Dabei dient die hinterlegte Datenbank der Software als weitere Datenquelle [4].

### 3. Untersuchungsrahmen

Bild 1 zeigt den Untersuchungsrahmen von [1], der alle Lebenszyklusphasen des Fahrzeuges umfasst. Der Fokus der Arbeit liegt dabei aber auf der Produktion des Brennstoffzellensystems, da dies das Hauptmerkmal des untersuchten Produktsystems darstellt.

Systemgrenze



Bild 1: Systemgrenze der Ökobilanz.

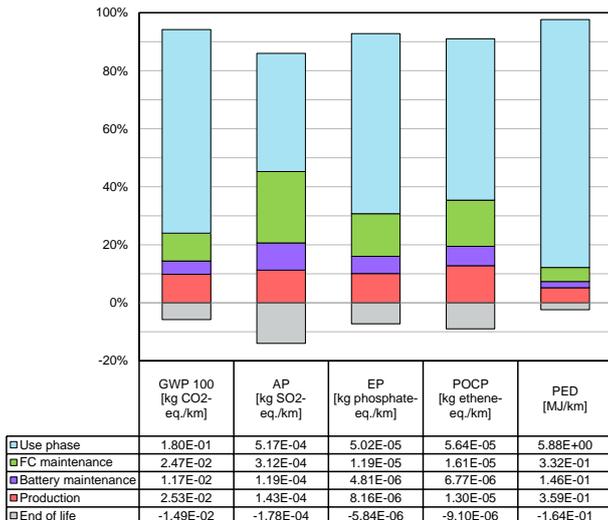
### 4. Modellierung

Das Brennstoffzellensystem wurde detailliert auf mehreren Ebenen modelliert. Hierbei lag ein besonderes Augenmerk auf dem Stack Modul, das die Brennstoffzelle an sich darstellt. Dieses wurde in seine Hauptkomponenten unterteilt: die Membran-Elektroden-Einheit (MEA) und die Bipolarplatten aus Edelstahl. Als Herzstück der Brennstoffzelle wurde die MEA weiter unterteilt in die Membranherstellung, in der auch die Beschichtung mit einem Platinkatalysator erfolgt und die Herstellung der Gasdiffusionsschicht (GDL).

Das gesamte Brennstoffzellensystem wurde anschließend in ein generisches Modell eines Plug-In Hybrid Fahrzeuges integriert. Ein hoher Parameterisierungsgrad erlaubt die Anpassung an verschiedene Fahrzeugkonfigurationen. Das ebenfalls hochparametrisierte Brennstoffzellenmodell wurde für eine erste Auswertung an den Stand der Technik angepasst.

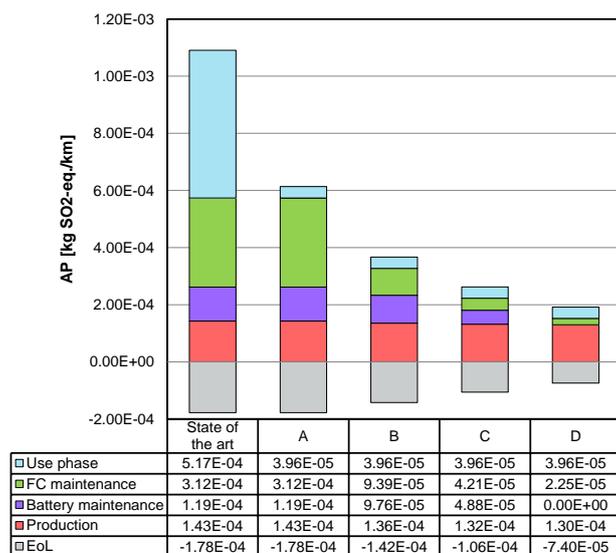
### 5. Ergebnisse

Bild 2 zeigt die Anteile der einzelnen Lebenszyklusphasen am Gesamtergebnis des „Stand der Technik“ Szenarios in den ausgewerteten Wirkungskategorien sowie den Primärenergiebedarf. Die Instandhaltung des Brennstoffzellensystems und des Batteriesystems wurden getrennt von der eigentlichen Nutzungsphase, in die der Wasserverbrauch einfließt, betrachtet.



**Bild 2:** Ergebnisse für den Stand der Technik.

Beim Betrachten der Ergebnisse wird deutlich, dass in diesem Szenario der Wasserstoffverbrauch in den meisten Kategorien dominiert. Dies liegt vor allem an der besonders langen Nutzungsphase, für die eine Fahrleistung von 550.000 km für das Taxi angenommen wurde. Die rot dargestellte Herstellungsphase hat dadurch einen relativ kleinen Einfluss. Allerdings stammen die Emissionen, die der Instandhaltung zugeordnet werden, ebenfalls aus der Herstellung der ausgetauschten Systeme. Daher wurde die Produktion näher betrachtet und mögliche Verbesserungen wurden ausgewertet. Diese zeigen, dass die Platinmenge in der Katalysatorschicht verringert werden sollte. Ebenso sollte die Lebensdauer des Brennstoffzellen Stacks erhöht werden. Dadurch und durch die Nutzung von Wasserstoff, der mit dem Einsatz von erneuerbaren Energien hergestellt wurde, können weitreichende Verbesserungen erzielt werden. Bild 3 zeigt die Auswirkungen der vorgeschlagenen Maßnahmen für das Versauerungspotenzial anhand von vier Szenarien, deren Randbedingungen in Tabelle 1 zusammengefasst sind.



**Bild 3:** Auswirkungen der vorgeschlagenen Maßnahmen auf das Versauerungspotenzial (AP).

**Tabelle 1:** Zusammenstellung der Parametereinstellungen der Szenarien.

Parameter	Szenario				
	Stand der Technik	A	B	C	D
Platinbeladung [g/kW]	1	1	0,5	0,25	0,1
Lebensdauer Stack [h]	2000	2000	4000	6000	8000
Lebensdauer Batterie [km]	160000	160000	183333	275000	550000
Wasserstoffherstellung	Raffinerie und flüssiger Transport	Elektrolyse mit Strom aus Windenergie			

Der Vergleich mit dem konventionellen Diesel London Taxi, das mit einem generischen Dieselfahrzeug-Modell ausgewertet wurde, liefert unterschiedliche Ergebnisse in den einzelnen Kategorien. Hervorzuheben sind hierbei das Treibhauspotenzial (GWP<sub>100</sub>), bei dem das Brennstoffzellenfahrzeug schon im „Stand der Technik“ Szenario deutlich besser abschneidet, sowie das Versauerungspotenzial (AP), bei dem das Dieselfahrzeug deutlich bessere Ergebnisse erzielt. Durch die vorgeschlagenen Verbesserungen können die Emissionen in dieser Kategorie über den Break-even Punkt gesenkt werden.

## 6. Zusammenfassung und Ausblick

Das erstellte Modell lieferte detaillierte Ergebnisse über den Stand der Technik dieser neuen Technologie. Durch Verbesserungen in der Herstellung und Verlängerung der Lebensdauer können aufgezeigte Nachteile gegenüber dem herkömmlichen Fahrzeug minimiert werden.

Aspekte, die weitere Untersuchungen erfordern, sind das Batteriesystem, das im Rahmen dieser Arbeit nur kurz behandelt wurde, sowie die Plug-In Option, die hier nicht berücksichtigt wurde. Die präsentierten Ergebnisse beziehen sich auf den spezifischen Fall des London Taxis. Mit dem Modell ist es aber auch möglich, weitere Auswertungen durchzuführen, die Aussagen bezüglich regulärer PKWs erlauben.

## Literatur

- [1] Briem, A.: Ökobilanzielle Betrachtung eines London Taxi mit Brennstoffzelle. Bachelorarbeit, Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart (2014).
- [2] DIN EN ISO 14040: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen (2009).
- [3] DIN EN ISO 14044: Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen (2006).
- [4] PE International AG: GaBi 6 Softwaresystem und Datenbank zur Ganzheitlichen Bilanzierung; Version 6; Echterdingen/Stuttgart (1992-2014).



Universität Stuttgart  
Lehrstuhl für Bauphysik

## Lehrstuhl für Bauphysik

Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra

70569 Stuttgart, Pfaffenwaldring 7, Tel.: 0711/685-66578, Fax: 0711/685-66583

E-Mail: bauphysik@lbp.uni-stuttgart.de