

AKTUELLES

AKTUELLES02. August 2019 || Seite 1 | 5

Erläuterungen zur Studie »Treibhausgas-Emissionen für Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeuge mit Reichweiten über 300 km«

Die [Studie](#) des Fraunhofer ISE im Auftrag der H2 Mobility beschäftigt sich mit einem Vergleich der Treibhausgas-Emissionen von Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeugen. Die erzielten Ergebnisse und Annahmen sind bisher ausschließlich in einem Foliensatz zusammengefasst. Im Nachgang zur Veröffentlichung wurde deutlich, dass die Präsentationsfolien trotz detailreicher Angaben dennoch Rückfragen erzeugten, auf die an dieser Stelle eingegangen wird:

1. Warum wurde im Best Case für das Brennstoffzellenfahrzeug Wasserstoff aus Windstrom und für das Batteriefahrzeug PV-Strom genutzt?

Es wurden unterschiedliche Stromquellen für das Batteriefahrzeug und das Brennstoffzellenfahrzeug berücksichtigt, da auch systemische Aspekte betrachtet wurden. Die Produktion von Wasserstoff ermöglicht eine zeitliche und räumliche Entkopplung der Verfügbarkeiten elektrischen Stroms und der Kraftstoffnachfrage. Dadurch eignet sich Wasserstoff auch als saisonaler Speicher.

Für den Best Case beim Brennstoffzellenfahrzeug wird von dem Szenario ausgegangen, dass der Wasserstoff in einer großtechnischen und entsprechend möglichst wirtschaftlichen Elektrolyse hergestellt wird, die sich direkt neben einem Windpark befindet. Anschließend wird der Wasserstoff per LKW zu den Tankstellen transportiert. Für die Verdichtung des Wasserstoffs für den Brennstoffzellenpfad wurde auch im Best Case angenommen, dass Netzstrom genutzt wird. Der Netzstrom ist notwendig, da der Bedarf an Verdichterleistung und die Verfügbarkeit von Windenergie nicht immer zeitgleich anfallen. Die Treibhausgas-Emissionen durch die Verdichtung sind größer als die Treibhausgas-Emissionen für die Wasserstoffherstellung.

Für den Best Case beim Batteriefahrzeug wurde angenommen, dass das Batteriefahrzeug zu 100% von der heimischen Photovoltaikanlage (oder der PV-Anlage beim Arbeitgeber) gespeist wird, was zukünftig ein sehr häufiges und wünschenswertes Szenario sein wird. Stromerzeugung und Verbrauch in batterieelektrischen Fahrzeugen sollten räumlich möglichst nahe beieinanderliegen.

Dies ist eher bei der PV-Anlage auf dem Dach des Eigenheims gegeben als bei einem Windrad.

AKTUELLES02. August 2019 || Seite 2 | 5

Zertifizierter Grünstrom aus dem Netz wurde, sowohl bei der Wasserstoffherzeugung als auch dem Batteriefahrzeug, bewusst nicht angenommen, da hier nicht sichergestellt ist, dass die dem Netz entnommene Strommenge durch dedizierte („extra errichtete“) Anlagen für erneuerbaren Strom erzeugt wird.

2. Wie wurde der Wasserstoffbedarf für das Brennstoffzellenfahrzeug bzw. Strombedarf für das Batteriefahrzeuge berechnet?

Für das Brennstoffzellenfahrzeug wurde der Wasserstoffverbrauch nach WLTP laut Herstellerangaben für einen Hyundai Nexso angesetzt. Der Wasserstoffverbrauch dieses SUVs beträgt 0,95 kg H₂ pro 100 km.¹

Da es kein Batteriefahrzeug gibt, das 100% vergleichbar mit dem Nexso ist, wurde der Strombedarf für das Batteriefahrzeug generisch ermittelt. Damit wird auch sichergestellt, dass Fahrzeugoptimierungen, die nicht direkt den Antriebsstrang betreffen (z.B. unterschiedlicher Anteil an Aluminiumkomponenten), das Ergebnis **nicht** verfälschen. Laut Herstellerangaben² hat die Brennstoffzelle des Nexso einen Wirkungsgrad von 60%. Mit dem Wasserstoffbedarf von 0,95 kg H₂ pro 100 km und dem Heizwert von Wasserstoff (33,3 kWh/kg) ergibt sich ein Strombedarf von 19,0 kWh pro 100 km. Um das höhere Gewicht der Batteriefahrzeuge (60 und 90 kWh) zu berücksichtigen, wurde ein Mehrverbrauch pro kg Zusatzgewicht angesetzt. Für das Batteriefahrzeug mit einer 60 kWh Batterie ergibt sich damit z.B. für das Jahr 2020 ein Strombedarf von 19,5 kWh pro 100 km. Zusätzlich wurden Ladeverluste von 15% berücksichtigt. Damit ergibt sich ein Strombedarf von 22,5 kWh pro 100 km (entspricht WLTP-Verbrauch).

¹ [Technische Daten Hyundai Nexso, Stand September 2018](#)

² [Technische Daten Hyundai Nexso, Stand September 2018](#) und Vortrag auf Wiener Motorensymposium 2018, Kim & Lee, The Next Generation Fuel Cell Electric Vehicle from Hyundai Motor Company

Beim Vergleich der generisch berechneten Strombedarfe in der Studie mit Strombedarfen von aktuellen Batteriefahrzeugen muss berücksichtigt werden, dass es zurzeit nur verpflichtend ist Verbrauchswerte zu kommunizieren, die nach dem WLTP-Zyklus ermittelt wurden und anschließend in NEFZ-Werte zurückgerechnet werden.³

Diese Werte werden zurzeit sehr unterschiedlich bezeichnet. Teilweise werden diese Werte WLTP-Werte genannt, teilweise auch NEFZ-Werte. In der Berechnung wurden reine WLTP-Werte genutzt (nicht zurückgerechnet in NEFZ), da sie näher an der Realität sind als zurückgerechnete Werte.

AKTUELLES02. August 2019 || Seite 3 | 5

3. Wieso wurde nur eine Laufleistung von 150.000 km für Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeuge berücksichtigt?

Für die Berechnung der Treibhausgas-Emission pro km (Folie 3,5 und 8) wurden 150.000 km berücksichtigt. Dieser Wert wird in einer Vielzahl von Studien und wissenschaftlichen Artikeln genutzt. Eine Übersicht findet sich zum Beispiel in der Studie „Klimabilanz von Elektroautos - Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial“ der Agora Verkehrswende.⁴

In der Studie wurden allerdings auch Laufleistungen der Fahrzeuge bis zu 200.000 km berücksichtigt (Folie 4,6 und 9). Jedoch ist das Bild bezüglich der Lebensdauer noch nicht einheitlich. Andere Quellen gehen davon aus, dass die Lebensdauer eines Brennstoffzellenfahrzeugs die eines Batteriefahrzeugs übersteigt. In der 2018er Version des Argonne GREET Models⁵ wird z.B. für das Batteriefahrzeug eine Laufleistung von 200.000 km angenommen und für das Brennstoffzellenfahrzeug eine Laufleistung von 275.000 km.

Ein Second Life wird in der Studie weder für die Batterie noch für die Brennstoffzelle betrachtet. Für beide Technologien ist ein Second Life ein sehr wahrscheinliches

³ <https://www.audi.de/de/brand/de/neuwagen/tron/audi-e-tron.html>

⁴ <https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/klimabilanz-von-elektroautos/>

⁵ The Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy use in Transportation Model (GREET-Model), <https://greet.es.anl.gov/>

Szenario. Dies stellt eine Einschränkung dar, die jedoch beide Technologien gleichermaßen betrifft. Sowohl die Batterie als auch die Brennstoffzelle eignen sich nach ihrer Nutzung im Fahrzeug für den Einsatz als stationäre Energiespeicher/-wandler.

AKTUELLES02. August 2019 || Seite 4 | 5

4. Welche Datengrundlage wurde für die Batterieherstellung genutzt?

Der Großteil der genutzten Daten für die ökologische Modellierung der Batterieherstellung stammt aus einem wissenschaftlichen Artikel aus dem Jahr 2014. Dieser Artikel wurde ebenfalls als Grundlage für die Batterieherstellung in der Studie „Klimabilanz von Elektroautos - Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial“ der Agora Verkehrswende (April 2019) genutzt.⁴ Ganz entscheidend ist jedoch, dass der Energiebedarf für die Zellfertigung und die Energiedichte in der Studie der Agora Verkehrswende aktualisiert wurden. Im Vergleich zur Studie der Agora Verkehrswende wurde in unserer Studie die Energiedichte von 115 Wh/kg auf 135 Wh/kg für den Base Case und für den Best Case zusätzlich auf 150 Wh/kg erhöht, was im Bereich typischer Batterie-SUVs liegt.⁶

Ein weiterer entscheidender Faktor für die Treibhausgas-Emissionen der Batterieherstellung ist der genutzte Strommix. Als Base Case wird im Jahr 2020 der Strommix der aktuellen Herstellungsländer angesetzt, also hauptsächlich USA, China, Japan und Korea (analog zur Studie von Agora Verkehrswende). In der Studie wird jedoch auch gezeigt, welche Verringerung an Treibhausgas-Emissionen möglich wäre, wenn für die Batterieherstellung PV-Strom genutzt würde. Die Nutzung von PV-Strom in der Herstellungsphase des Brennstoffzellensystems (z.B. beim Platinabbau oder der Herstellung von Carbonfaser) würde natürlich auch dort die Treibhausgas-Emissionen deutlich reduzieren.

Die Nutzungsphase der Fahrzeuge findet in der Studie in Deutschland statt, deshalb wurde hier der deutsche Strommix angesetzt.

In einer Veröffentlichung von April 2019 kommt VW⁷ auf sehr ähnliche Treibhausgas-

⁶ [Mercedes EQC](#): 0,123 kWh/kg; [Jaguar I-PACE](#): 0,149 kWh/kg

⁷ [Klimabilanz von E-Fahrzeugen & Life Cycle Engineering, Stand: 24. April 2019](#), THG-Emission für Herstellung berechnet nach Folie 13 (57 g CO₂-eq pro km x 200.000 km)

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE

Emissionen für die gesamte Herstellung eines batterieelektrischen Golfs wie die Studie der Agora Verkehrswende. VW gibt 11.400 kg CO₂-eq an, Agora Verkehrswende 12.400 kg CO₂-eq.

AKTUELLES

02. August 2019 || Seite 5 | 5
