

Nachhaltigkeit: Wasserstoff als Lösung?

Wissenschaftsforum im Rheinland e.V.
30.06.2020

Dr. rer. nat. Gereon Schüller

Wasserstoff

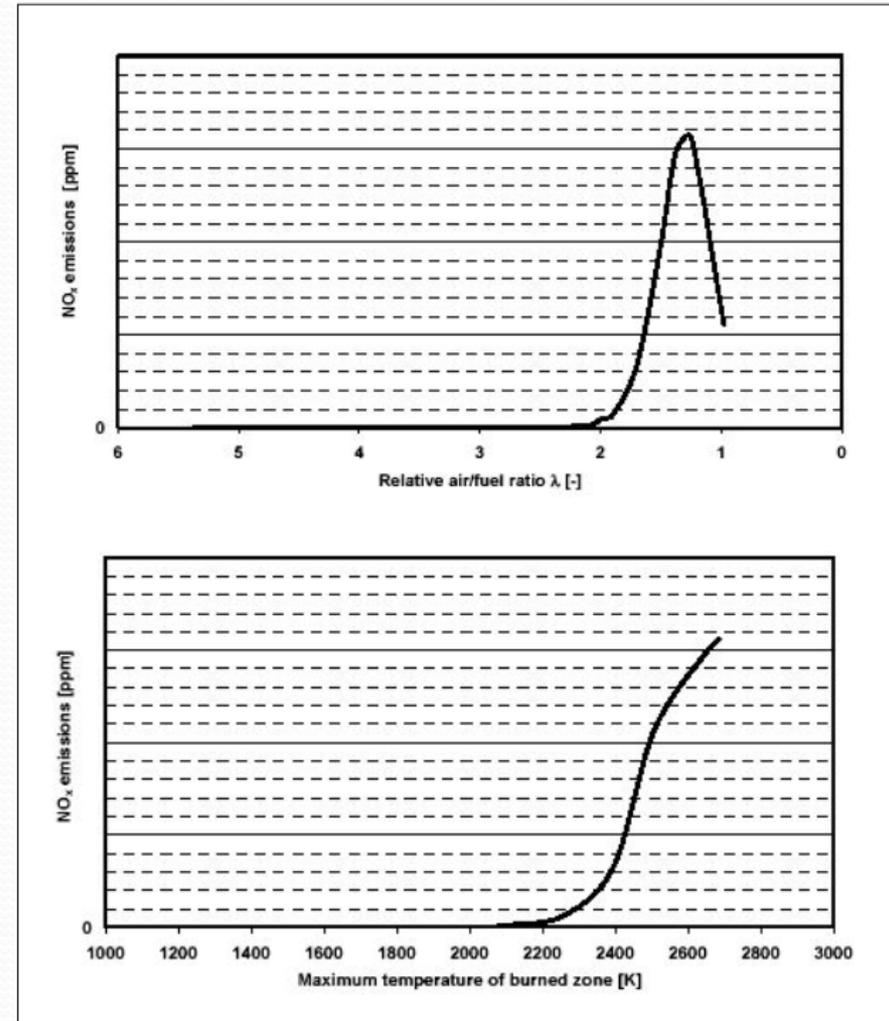
- Periodensystem
- Häufigstes Element im Universum zu 90% (~10% Helium, <0,1% Rest)
- Reaktionsfreudig, eigentlich idealer Energieträger
- Problem: Kommt auf der Erde nicht in freier Form vor, muss erzeugt werden

Emissionen bei direkter Verbrennung im Motor

- $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ oder?
- In der Praxis: Anwesenheit von Stickstoff (80%) führt zu Stickoxiden

Wallner T. et.al., “The Potential of Hydrogen Internal Combustion Engines in a Future Mobility Scenario”, Society of Automotive Engineers, 2003

Nach: [LINK](#)



Emission in Brennstoffzelle

- Keine hohe Temperatur, kontrollierte Reaktion
- Emission am Einsatzort: Wasserdampf, dessen Klimawirkung wohl zu vernachlässigen
- Aber: Weiterhin Emission am Erzeugungsort

Tabelle 2: Arten von Brennstoffzellen [Salchenegger 2000]

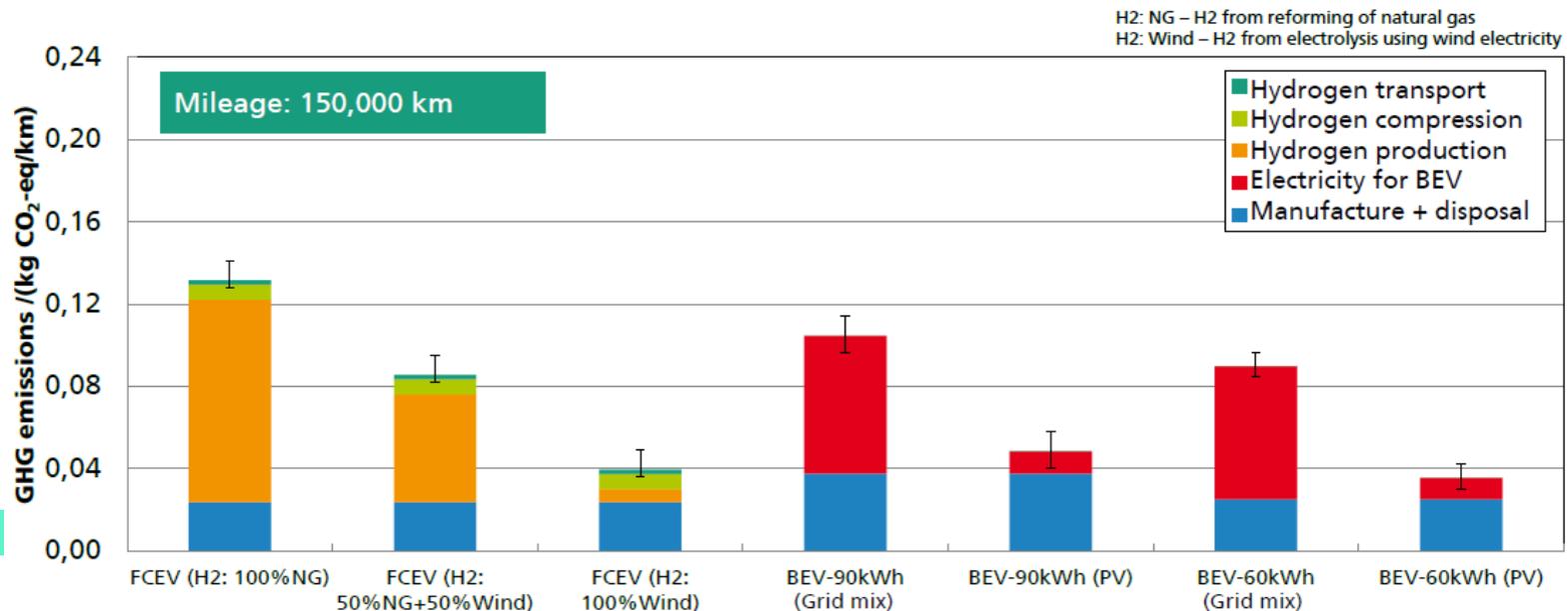
Brennstoffzelle	Elektrolyt	Betriebstemperatur	Anwendungsgebiet
Alkaline Fuel Cell (AFC)	35-50 % KOH	60–90 °C	Weltraum, mobile Anwendung
Proton Exchange Membrane FC (PEMFC)	Polymer Membran (Nafion, R117, Dow)	50–80 °C	Weltraum, mobile Anwendung
Direct Methanol FC (DMFC)	Polymer Membran	90–120 °C	Weltraum, mobile Anwendung
Phosphoric Acid FC (PAFC)	Concentrated Phosphoric Acid (H ₃ PO ₄)	160–220 °C	Stromerzeugung
Molten Carbonate FC (MCFC)	Molten Carbonate Melts (Li ₂ CO ₃ , K ₂ CO ₃)	620–660 °C	Stromerzeugung
Solid Oxide FC (SOFC)	Yttrium stabilized Zirkondioxide (ZrO ₂ /YO ₃)	800–1.000 °C	Stromerzeugung

Erzeugungsverfahren

- Synthese aus Erdgas. Endprodukte: $\text{H}_2 + \text{CO}_2$
- Partielle Oxidation aus Erdöl oder Kohle
- Aus Biomasse, ähnlich wie bei Erdgas
- Elektrolyse: Herstellung aus Wasser mittels Strom (im Prinzip wie im Schulversuch).
- Frage: Wo kommt der Strom her?

Emission in Fahrzeugen

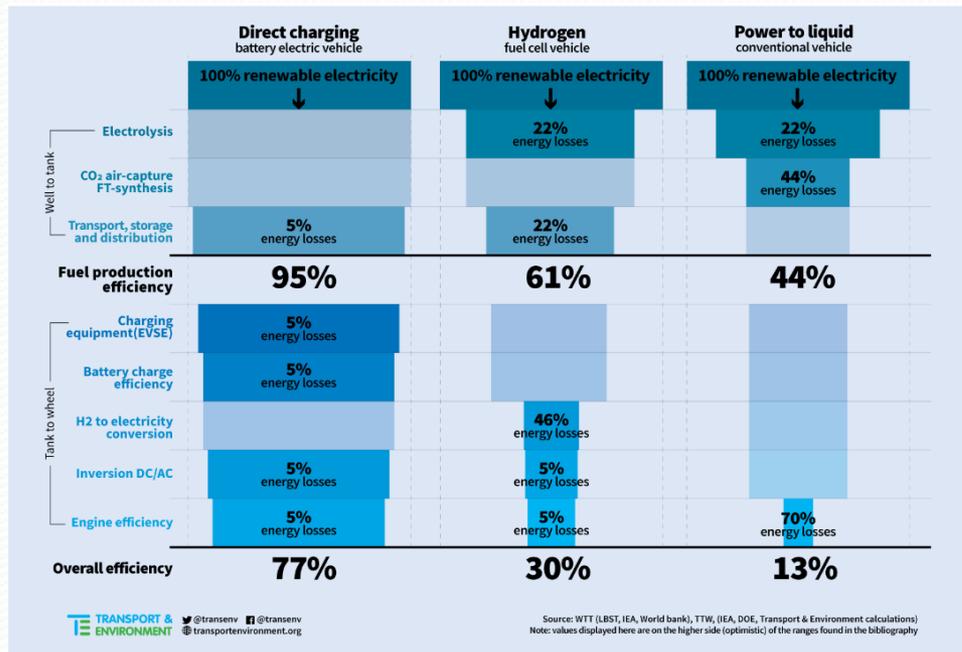
GHG emissions of vehicle operation for 2030-2040
(including manufacture + disposal of battery, fuel cell und H₂ tank)



Wirkungsgrad

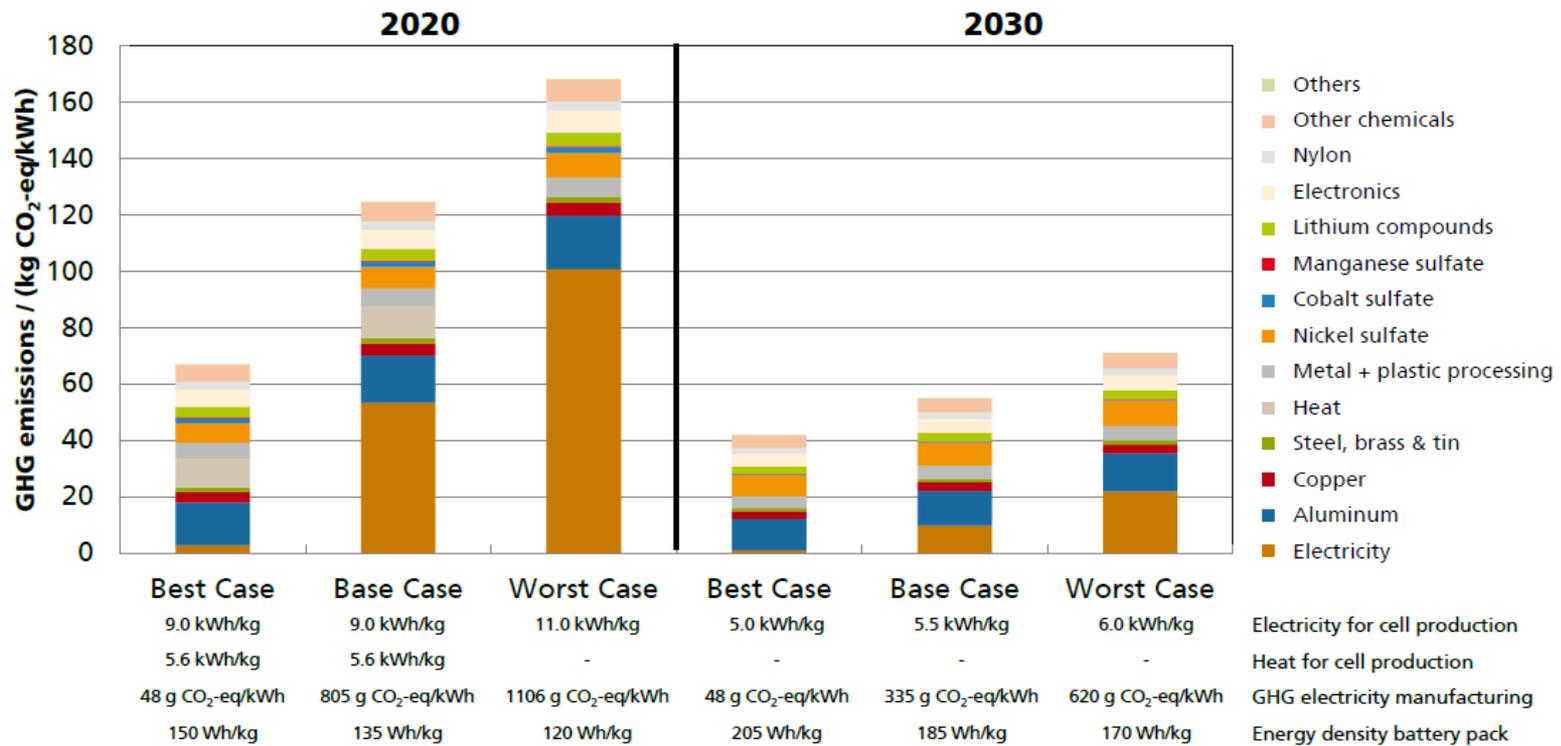
- Bei Brennstoffzelle:

$$\text{Wirkungsgrad}_{\text{Elektrolyse}} * \text{Wirkungsgrad}_{\text{Zelle}} * \text{Wirkungsgrad}_{\text{Motor}}$$



Zusatzprobleme Batterien

Manufacturing of batteries: GHG emissions in more detail



S4F-Vision

Problemstellung

- Von 2008 bis 2015 lediglich Einsparung von 1% der Treibhausgas-Emissionen, bzw. 6% bezogen auf Einwohner
- Vision KölnKlimaAktiv 2022: Weitere Einsparung von 0,3% der bis 2030 angestrebten Menge für 1,8 Mrd. € (!)

Köln 2030

Vision/Felder

1. Klimagerechter Umbau
2. Klimagerechte Gebäude
3. Innenstadtverkehr für Menschen
4. Sauberer Flughafen
5. Kreislaufwirtschaft
6. Schulen

Ziel

1. Autoarm, fußgängerfreundlich, Recycling
2. Gebäude sanieren, Heizungsanlagen tauschen
3. **Open Spaces, besserer ÖPNV**
4. Optimierung Routen, Gebühren, Optimierung Gebäude
5. Recycling, Reparaturcafé
6. Probleme lehren, Gebäude sanieren

Der ÖPNV wird wesentlich verbessert, und Nutzungshürden werden abgebaut. Diese Verbesserungen drücken sich etwa durch eine höhere Taktung öffentlicher Verkehrsmittel, deren Vernetzung mit anderen nachhaltigen Mobilitätsformen und eine zuverlässige An- und Einbindung des Kölner Umlandes aus. Eine flexible Anpassung der Taktung und der eingesetzten Fahrzeuge an das Fahrgastaufkommen schont Ressourcen. Barrierefreiheit ermöglicht allen Bürger*innen die Teilhabe. **Dennoch erforderliche private motorisierte Fahrzeuge werden überwiegend mit Strom oder Wasserstoff aus erneuerbaren Energien betrieben.** Zugangsbeschränkungen für fossil betriebene Fahrzeuge schaffen Anreize zum Umstieg. Die Einschränkung des Verkehrs mit fossilen Kraftstoffen reduziert die verkehrsbedingten Treibhausgas-Emissionen stark. So konnten in London durch die Citymaut etwa 16 % der Treibhausgas-Emissionen im Bereich Verkehr eingespart werden.^[23] Gerade Menschen mit geringem Einkommen profitieren von einer Citymaut: Sie leben häufiger in Gegenden mit hoher verkehrsbedingter Luftverschmutzung.^[24]

Bewertung und Beispiele

Bewertung Wasserstoff

- Vorteile: Innerhalb von 10 Minuten betankbar, schneller Einsatz
- Es entstehen weniger Probleme als bei Batterieherstellung
- Für niedrigste CO₂-Emission nachhaltige Stromerzeugung notwendig
- Bei Einsatz im MIV: Alle anderen Nachteile des MIV (Bremsabrieb, Herstellung, Unfälle, Schmierstoffe) bleiben
- Alternative zu Verbrennungs-Pkw, aber keine zum ÖPNV

Beispiel Gdynia

- Doppelstrategie: O-Busse + Superkondensatoren
- Rückgewinnung von Bremsenergie ins Netz
- Akkus für Fahrten außerhalb des Oberleitungsnetzes

Supercapacitor technical data

General data	
Nominal input voltage	600 V DC
Max. input current	500 A
Max. input power	400 kW/20 s.
Data of SC bank	
The range of voltage during operation	187 - 375 V
Max. current	1000 A
Capacitance	104.15 F
Energy capacitance	1.56 kWh
Number of modules	15: 5 branches x 3 modules
The range of voltage during operation	187 - 375 V



Regular off traction courses by trolley battery hybrids - an innovation introduced by CIVITAS DYN@MO and ELIPTIC project

Line 21 – a line extended by **2 km** to a Gdynia landmark street Skwer Kościuszki - runs from May 2015 - DYN@MO

Line 29 – a line extended by **4 km** to Fikakowo densely populated housing estate - runs from December 2016-ELIPTIC

Automatic lowering and raising of current collectors due to special devices – docking stations placed on the overhead grid



Beispiel RVK



Der Vorteil in Nordrhein-Westfalen ist die chemische Industrie. Sie bietet den Wasserstoff quasi als Abfallprodukt zu günstigen Preisen an. Das macht den emissionsfreien Bus allerdings weniger grün. Besser wäre Wasserstoff, der durch den Einsatz regenerativer Energien gewonnen wird. Das würde aber wieder die Kosten in die Höhe treiben.

