

Konferenz „Verkehrsökonomik und -politik“
Berlin, 2. Juni 2016

Aufbau von Tankstelleninfrastruktur für die Wasserstoffmobilität

Grundsätzliche Fragestellungen und Denkanstöße
hinsichtlich eines geeigneten Organisationsmodells
aus institutionenökonomischer Sicht


Florian Gizzi

Technische Universität Berlin, Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (WIP)

*Dieser Vortrag fasst Inhalte eines gemeinsamen Papiers zusammen,
welches gemeinsam mit Thorsten Beckers und Till Kreft verfasst wurde.*

Vorbemerkungen

Kein konkreter Bezug
(Status quo) zu
Deutschland / Europa

- 
- **Fragen (und ein paar Antworten) zum Aufbau von Tankstelleninfrastruktur für die Wasserstoffmobilität im MIV**
 - **Alternative Organisationsmodelle**
 - **(Institutionen-) ökonomische Sicht**

Agenda

(1) Vorbemerkungen

(2) Einordnung von Wasserstoffmobilität

(2.1) Einbindung in Verkehrs- und Energiesystem und zentrale Koordinationserfordernisse

(2.2) Zentrale technisch-systemische Ausgestaltungsoptionen

(3) Fragestellungen und Denkanstöße in verschiedenen Gestaltungsbereichen

(3.1) Kapazitätsbereitstellung sowie Bepreisung und Finanzierung

(3.2) Koordination zwischen Tankstelleninfrastruktur und Fahrzeugen

(3.3) Entscheidung über technisch-systemisches Design

(4) Übergreifende Aspekte

Agenda

(1) Vorbemerkungen

(2) Einordnung von Wasserstoffmobilität

- (2.1) Einbindung in Verkehrs- und Energiesystem und zentrale Koordinationserfordernisse
- (2.2) Zentrale technisch-systemische Ausgestaltungsoptionen

(3) Fragestellungen und Denkanstöße in verschiedenen Gestaltungsbereichen

- (3.1) Kapazitätsbereitstellung sowie Bepreisung und Finanzierung
- (3.2) Koordination zwischen Tankstelleninfrastruktur und Fahrzeugen
- (3.3) Entscheidung über technisch-systemisches Design

(4) Übergreifende Aspekte

Einordnung von Wasserstoffmobilität

Einbindung in Verkehrs- und Energiesystem und Koordinationserfordernisse (I/II)

Grundidee

- Vermeidung CO₂ im MIV durch Wasserstoffmobilität und batterieelektrische Elektromobilität in Verbindung mit EE-Strom

Wasserstoffmobilität versus Elektromobilität

1. Reichweite
2. Kosten (Wirkungsgrad / Energieverluste; Rollmaterial; Infrastruktursystem)
... aber: „kostenlose“ Windenergie? Chemischer Speicher ohnehin erforderlich? ...

Bedeutung (von H₂-Mob und E-Mob) in CO₂-freiem Energie- und Verkehrssystem

- Übergreifende Aussagen kaum möglich (Unsicherheit, Wissensstand)
- E-Mob
 - „Gewisse Bedeutung“ im zukünftigen MIV abzusehen
 - Gründe: relativ geringere Wirkungsgradverluste, „relativ einfacher“ Infrastruktur-Aufbau
- Anteil von H₂-Mob für MIV (und Güterverkehr) schwer zu beurteilen
 - Zukünftig ebenfalls „gewisse Bedeutung“?
 - Wichtig: Verbesserung des Wissensstandes → Erprobung von H₂-Mob erforderlich

Einordnung von Wasserstoffmobilität

Einbindung in Verkehrs- und Energiesystem und Koordinationserfordernisse (II/II)

Hochspezifische Investitionen

- Abhängigkeiten von künftiger Systemausgestaltung
- Absicherung von Investitionen erforderlich („Sonst macht keiner mit.“)
 - Koordinationsproblem
 - Absicherung durch zentralen Akteur sinnvoll?
- Erste Folgerungen
 - Entscheidungen hinsichtlich zentraler Gestaltungsfragen des zukünftigen Energie- und Verkehrssystems bei öffentlicher Hand? → Ja
 - Daher auch grundlegende Entscheidungen hinsichtlich Einsatz von Wasserstoff (a) im Allgemeinen und (b) im Mobilitätssystem im Speziellen nicht ohne umfangreiche Mitwirkung der öffentlichen Hand? → Ja

Möglichkeiten der öH:

- zur Steuererhebung
- zur Regulierung
- zur Fixkostenverteilung auf Nachfrager

Koordinationserfordernisse

- Bspw. Kapazität für fEE ⇔ Wasserstoff im Verkehrssystem
- Bspw. Speicher- und Transportkonzept im Energiesystem ⇔ Technisches Systemdesign für Versorgung der H₂-Tankstellen
- Bspw. Speicherkonzept im Fahrzeug ⇔ Tankstellen- und Betankungskonzept

Einordnung von Wasserstoffmobilität

Zentrale technisch-systemische Ausgestaltungsoptionen

Öffentliche Tankstellen

- Aufnahme von H₂ für MIV voraussichtlich (nur) an öffentlich zugänglichen Wasserstofftankstellen
- Öffentliche H₂-Tankstellen daher unverzichtbar (anders als bei E-Mob)

Alternativen für das technische System

- Versch. technologische Herausforderungen
- Systemelemente (grob): Erzeugung (H₂) → Betankung → Speicherung Fahrzeug
- Alternativen bei Betankung
 - Annahme: CGH₂-Technologie (Compressed Gaseous Hydrogen)
 - Gasförmiger, auf minus 40 °C gekühlter Wasserstoff bei Druck von 700 bar (Stadtbusse auch 350 bar)
 - In Deutschland bereits im Einsatz
 - Flüssiger Wasserstoff für PKW nicht relevant (ggf. für schwere Nutzfahrzeuge)
- Alternativen bei Erzeugung
 - Erzeugung nicht am Tankort (Off-Site), d.h. Transport erforderlich
 - Straße (gasförmig [0,4-1,0 t H₂/LKW], flüssig [ca. 3,5 t H₂/LKW])
 - Rohrleitungen (gasförmig, unter Druck bis ca. 100 bar)
 - ... + verschiedene Optionen zur zentralen oder dezentralen Verortung der Speicher
 - Erzeugung am Tankort / Tankstelle (On-Site)
 - in der Regel elektrolytische Wasserspaltung

Agenda

(1) Vorbemerkungen

(2) Einordnung von Wasserstoffmobilität

(2.1) Einbindung in Verkehrs- und Energiesystem und zentrale Koordinationserfordernisse

(2.2) Zentrale technisch-systemische Ausgestaltungsoptionen

(3) Fragestellungen und Denkanstöße in verschiedenen Gestaltungsbereichen

(3.1) Kapazitätsbereitstellung sowie Bepreisung und Finanzierung

(3.2) Koordination zwischen Tankstelleninfrastruktur und Fahrzeugen

(3.3) Entscheidung über technisch-systemisches Design

(4) Übergreifende Aspekte

Fragestellungen und Denkanstöße

Kapazitätsbereitstellung sowie Bepreisung und Finanzierung (I/III)

Was ist gemeint?

- Bereitstellungsentscheidungen: Anzahl, Standorte, Kapazität einzelner Standorte
 - Finanzierungsentscheidungen: Finanzierungsquellen (Preise / kollektiv erhobene Mittel / ...)
 - ... ggf. Bepreisungsentscheidungen: Ja / Nein, Preisgestaltung, Bündelungen (Infra, H₂), ...
- Wer („Organisationsmodell“) trifft Entscheidungen? Mit welchen Wirkungen geht das einher?

Organisationsmodell „private Unternehmen im Wettbewerb“

- Bereitstellung
 - Entscheidungen durch einzelne, dezentrale Unternehmen
 - In Aufbauphase suboptimale Kapazitätsbereitstellung wahrscheinlich, u.a. Rosinenpicken, Doppel-Aufbau, keine Gesamtsystemsicht (bzgl. H₂-System, aber auch bzgl. „Meta-System Energie+Verkehr“)
- Finanzierung
 - Energie kann nur an Tankstellen in das Fahrzeug gelangen (hingegen E-Mob: auch Zuhause!)
 - Daher Aufschläge beim Verkauf von H₂ für Fixkostendeckung der Tankstelleninfrastruktur möglich
 - erleichtert Umsetzung privater (wettbewerbbl.) Modelle
 - Zu beachten:
 - Höhere Fixkostenanteile als derzeitigen Tankstellen → Hohe Aufschläge?
 - E-Mob und fossiler MIV als Substitute → Unsicherheit über Kaufentscheidungen / Nachfrage
 - Bereitstellungsqualität (zurückhaltende Kapazität, (zu?) hohe Preise) im Vergleich zu Tankstellen für fossile Kraftstoffe?

Fragestellungen und Denkanstöße

Kapazitätsbereitstellung sowie Bepreisung und Finanzierung (II/III)

Organisationsmodell „zentrale Entscheidungen durch die öffentliche Hand“

- Bereitstellung
 - Technisch-systemisches Wissen v.a. dezentralen Unternehmen zugeordnet
 - Herausforderung, dieses adäquat einzubeziehen (bspw. Unternehmen an Umsetzung beteiligen)
- Finanzierung kurz- und mittelfristig (v.a. Aufbauphase)
 - Keine nutzungsabhängigen Einnahmen
 - » Gründe: geringe Zahlungsbereitschaften; E-Mob & fossiler MIV als „starke“ Entscheidungsalternativen
 - Sondern
 - (a) Erhebung nutzungsunabhängiger Mittel
 - » z.B. zeitbezogene Beiträge oder Grundgebühren [„Ladeinfrastruktur-Vignette“] und/oder Einmalzahlungen beim Fahrzeugwerb
 - (b) Steuern
 - » Steuern v.a. in Hochlaufphase, wenn ohnehin an vielen „Stellschrauben“ aus Haushaltsmitteln subventioniert wird (Vergleich: Elektroautos)
 - » „Wasserstoff als Speicher der Energiewende“ erhöht zusätzlich Rationalität für umfangreiche öffentliche Finanzierung (und öffentliche Risikotragung ... „falls es anders kommt“)

Langfristige Beurteilung

- Wenn kurz-/mittelfristig zentral, dann langfristig nicht von zentralem Ansatz abweichen?
- Aktuell nur begrenzt klare Aussagen zur langfristigen Vorteilhaftigkeit möglich

Fragestellungen und Denkanstöße

Kapazitätsbereitstellung sowie Bepreisung und Finanzierung (III/III)

Commitments und Komplexität im Rahmen der Bepreisung

- Nutzererwartungen über Preisentwicklung (bzw. Lebenszykluskosten/TCO) beeinflussen Fahrzeug-Kaufentscheidung (= Einstieg in Wasserstoffmobilität)
- Daher klare Commitments vorteilhaft (zumindest bzgl. Determinanten der Preisfestsetzung)
- Öffentliche Hand sollte umfassend einbezogen sein
 - (1) Sie wird vermutlich ohnehin maßgebliche Rolle in sämtlichen Finanzierungskonzepten spielen (wg. Bereitstellung erheblicher Mitteln aus direkten Haushaltsmitteln oder Umlagen bei Nutzern)
 - (2) Sie ist über Kompetenzen zur Festsetzung von Steuersätzen mit verkehrs-, energie- und / oder haushaltspolitischen Motiven eng in Beeinflussung des Endpreises eingebunden
 - (3) Sie ist besser als andere Akteure in der Lage, Commitments abzugeben
- Komplexität der Preisgestaltung (= TAK aus Nachfragersicht) zu begrenzen (bspw. auch begrenzte Preisdifferenzierung zwischen Standorten)
 - bei Bereitstellungs- und Finanzierungsverantwortung seitens öH unkompliziert umsetzbar
- Nebenbei
 - Beitrag der Wasserstoff- und Elektromobilität zur gewünschten Erhebung von (verkehrs-, energie- und / oder haushaltspolitisch motivierten) Steuern?
 - Bei Kostenvergleich Anlastung von Steuern in gleicher Höhe

Fragestellungen und Denkanstöße

Koordination zwischen Tankstelleninfrastruktur und Fahrzeugen

Was ist gemeint?

- Koordination von Investitionsentscheidungen zwischen Tankstelleninfrastruktur und Fahrzeugen („Henne-Ei-Problem“)
- Ziel: (Gesamt-)Kosten-minimierende Lösung

Fokus: zeitlicher Koordinationsbedarf (Angebot von Fahrzeugen, Verfügbarkeit von Tankstellen)

- Wege für die Koordination der Investitionszeitpunkte
 - a) Verträge (hart / weich, intern / extern)
 - b) Finanzielle Beteiligung von OEM an einer Betreiber- und Finanzierungsgesellschaft für Tankstelleninfrastruktur
 - Zu heterogene Vorstellungen der OEM hinsichtlich Markthochlauf?
 - Trittbrettfahrerproblem?
 - c) Beteiligung der OEM an Managementaufgaben im Kontext der Bereitstellung von H₂-Tankstellen
 - OEM hierzu – im Vergleich zur Übernahme von Finanzierungsaufgaben – eher bereit, da Interesse an gewisser (Mindest-)Effizienz im Bereich der Infrastruktur
- Keine klare Empfehlung zur Lösung des Koordinationsproblems
 - Blick auf Einzelfall erforderlich
 - In Zweifelsfällen Verantwortung für Lösung bei öffentlicher Hand (inkl. Abstimmung mit OEM!)

Fragestellungen und Denkanstöße

Vertikales Design in technisch-systemischer und institutioneller Hinsicht (I/III)

Was ist gemeint?

- Treffen „richtiger“ Entscheidungen über technisch-systemisches Design in der F&E-Phase
...betrifft v.a. Erzeugung, Belieferung, Speicherung...
- Beachten: Interdependenzen mit Gestaltung des zukünftigen Energie- und Verkehrssystems
- Sinnvoll für nahe Zukunft (spätestens einhergehend mit erster Ausbaustufe)
 - Nicht nur praktische Realisierung und verlässlichen Betrieb erproben
 - Sondern auch anstreben, den Wissensstand über Kosten, Wirkungsgrade, Leistungsfähigkeiten etc. zu verbessern
 - Keinesfalls einzelne technisch-systemische Optionen zu früh „zu den Akten“ zu legen

Bedingungen: schlechte Kontrahierbarkeit und große Unsicherheit

- Wasserstoffmobilität = Systemgut → in F&E-Phase haben sich Akteure aus unterschiedlichen Bereichen und mit unterschiedlichem Wissen und sonstigen Ressourcen auszutauschen
- Koordination zwischen Akteuren (bspw. Zuordnung der Rechte an neu generiertem Wissen) erschwert durch schlechte Kontrahierbarkeit; zudem Unsicherheit über Alternativen (E-Mob, konventionelle Antriebe)
 - Daher forschen Akteure nicht ohne weiteres freiwillig
 - Somit Rationalität für öffentliche F&E-Unterstützung
Öffentliche F&E-Unterstützung zudem begründbar durch Verantwortung für zentrale Bereitstellungsentscheidungen hinsichtlich Bedeutung von H₂ im zukünftigen Energie- und Verkehrssystem

Fragestellungen und Denkanstöße

Vertikales Design in technisch-systemischer und institutioneller Hinsicht (II/III)

Beteiligung der öffentlichen Hand in der F&E-Phase

- Öffentliche Hand
 - ... hat Gesamtblick auf zukünftiges Energie- und Verkehrssystem
 - ... ist im Falle einer zentralen Bereitstellungsverantwortung de facto „Systemführer“
- Öffentliche Hand sollte daher auch selber in F&E-Phase ihren Wissensstand verbessern
 - ...und der Entstehung von Abhängigkeiten von Akteuren (durch passives „Geld verteilen“) und Flexibilitätsverlust entgegenwirken...

Beteiligung (nur) privater Unternehmen an Entscheidung über technisch-systemisches Design und vorgelagertem Wissensaufbau in der F&E-Phase

- Einerseits: (Vor-)Wissen im Status quo fast ausschließlich bei privater Unternehmen (!)
 - Andererseits
 - Gesamte Transformation des Energie- und Verkehrssystems geht weit über Verantwortungs- und (geschäftlichen) Interessenbereich hinaus
 - Machtpositionen Privater in späteren Phasen (durch Beteiligung in F&E-Phase), Ausdehnung von Machtpositionen auf andere Wertschöpfungsstufen („Systemführer“)
 - Offen, ob Wissen an öffentliche Hand weitergegeben wird (dort für sinnvolle Entscheidungen über Gestaltung künftigen Energie- und Verkehrssystems benötigt); Verzerrung von Wissen?
- ... ggf. lassen jedoch (i) real existierende Machtkonstellationen / Wissensvorsprünge oder (ii) Kontrahierungsprobleme beim Einbezug der Akteure in zentrale Entwicklungsaufgaben keine Wahl...

Beteiligung privater Unternehmen an Entscheidung über technisch-systemisches Design in der F&E-Phase – Beispiele

- a) Fahrzeughersteller (OEM)?
 - Verantwortungs- und (geschäftlichen) Interessenbereich der OEM?
 - OEM – ggf. temporär – zu einer Unterstützung bei Managementaufgaben heranziehen?
 - Achtung: Interessenlage der OEM auf der einen Seite und einer die Nutzer- und Steuerzahlerinteressen vertretenden öffentlichen Hand auf der anderen Seite

- b) Hersteller / Anbieter einzelner Güter (technischen Komponenten oder Wasserstoff)
 - grundsätzlich eher kritisch zu sehen
 - Grund: Rechte des Systemintegrators an generiertem Wissen → Ausdehnung monopolistischer Positionen / Marktmacht auf vorgelagerten Stufen auf zentrale Rollen bei der Wasserstoffmobilität möglich → unerwünscht aus Sicht der öffentlichen Hand

Agenda

(1) Vorbemerkungen

(2) Einordnung von Wasserstoffmobilität

(2.1) Einbindung in Verkehrs- und Energiesystem und zentrale Koordinationserfordernisse

(2.2) Zentrale technisch-systemische Ausgestaltungsoptionen

(3) Fragestellungen und Denkanstöße in verschiedenen Gestaltungsbereichen

(3.1) Kapazitätsbereitstellung sowie Bepreisung und Finanzierung

(3.2) Koordination zwischen Tankstelleninfrastruktur und Fahrzeugen

(3.3) Entscheidung über technisch-systemisches Design

4) Übergreifende Aspekte

Übergreifende Aspekte

Organisation öffentlicher Bereitstellungs- und Finanzierungsaufgaben

- Aufgabenerledigung schwerlich im Rahmen bestehender Verwaltung möglich
 - Andere Organisationsform: mehr „unternehmerische Aktivität“, aber öffentlich ausgerichtet?
 - Einbezug von OEM in Managementaufgaben; Einbezug weiterer Akteure (bspw. Zulieferer) eher skeptisch zu beurteilen
 - ...Berechtigte Interessen von Unternehmen am Schutz bestehenden Wissens beachten...
- Effiziente Steuerung und Kontrolle der Aktivitäten der öffentlichen Hand sicherstellen
 - Klarheit und Transparenz über Aktivitäten öffentlicher Organisationen sicherstellen
 - Ansonsten Gefahr groß, dass Informationsasymmetrien ausgenutzt werden

Industriepolitik

- Industriepolitische Aspekte / Förderung von Exportchancen für nationale Unternehmen beachten
- Abweichende Rechtezuordnungen für zentrale Ressourcen (in F&E-Phase generiertes Wissen hinsichtlich des Gesamtsystemdesigns) für nationale und internationale Verwertung in Betracht ziehen

Schwerlastverkehr

- Kombination mit Oberleitungs-LKW (Abdeckung!)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontaktdaten

Florian Gizzi

(fg@wip.tu-berlin.de, Tel. Nr. 030-314-25876)

Dieser Vortrag fasst Inhalte eines gemeinsamen Papiers zusammen: **Beckers, T. / Gizzi, F. / Kreft, T. (2015)**: Aufbau von (Tankstellen-) Infrastruktur für die Wasserstoffmobilität – Grundsätzliche Fragestellungen aus (institutionen-) ökonomischer Sicht und Denkanstöße hinsichtlich der Ausgestaltung eines geeigneten Organisationsmodells; Papier für das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) im Rahmen des Auftrags „Analysen für die Entwicklung der nationalen Infrastrukturpläne CNG, LNG, Wasserstoff und elektrische Ladestationen für den Straßenverkehr in Deutschland“, abrufbar unter www.wip-tu-berlin.de.

Backup

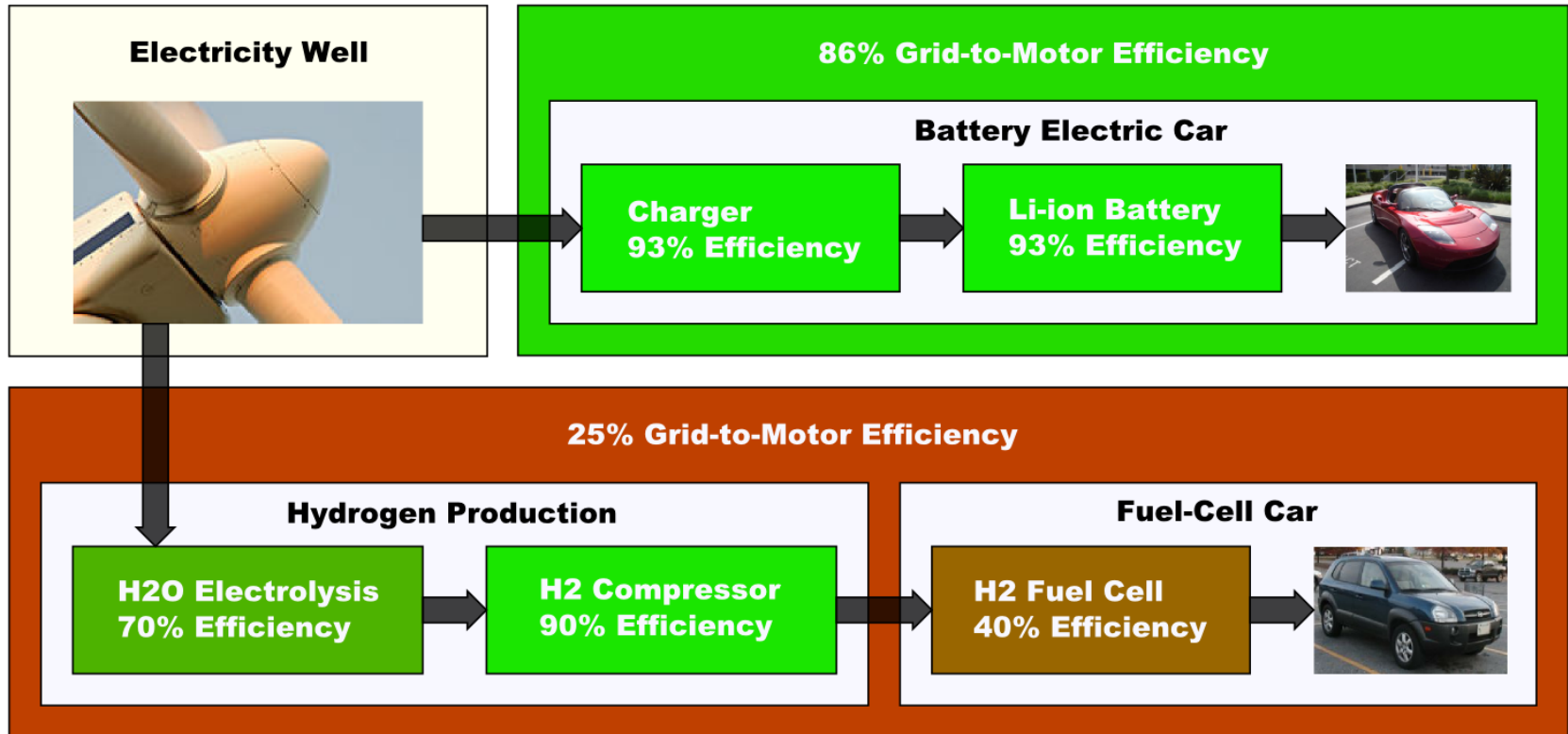
H2-Fahrzeuge

Toyota Mirai

- Seit September 2015
- Elektromotor: 114 kW (155 PS)
- 78.540 Euro
- Reichweite: 500 km
- Zwei getrennte Tanks, die bei 700 bar jeweils etwa 2,5 kg Wasserstoff aufnehmen können

Hyundai ix35 FCEV

- Seit 2013 in Kleinserie
- Elektromotor: 100 kW (136 PS)
- 65.000 Euro
- Reichweite: ca. 600 km
- Wasserstoffverbrauch liegt nach NEFZ: 0,95 kg pro 100 km



H2 in Deutschland

H2-Tankstellen

- Wasserstofftankstellen von verschiedenen Akteuren betrieben (u. a. Mineralölunternehmen, Betreiber konventioneller Tankstellen, Gaseunternehmen und Energieversorgungsunternehmen)
- Zentrale Abstimmung wesentlicher Bereitstellungs- und Finanzierungsentscheidungen im Rahmen zweier Kooperationen:
 - **„Clean Energy Partnership“ (CEP)**
 - Demonstrationsprojekt im Rahmen des „Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie“ (NIP) der Bundesregierung
 - 19 private Industrieunternehmen
 - Seit 2012 testweiser Aufbau in Deutschland
 - Bis April 2015: 18 Wasserstofftankstellen; weitere 32 Stück bis zum Ende 2016 geplant
 - **„H2 Mobility“**
 - Flächendeckende Bereitstellung von H₂-Tankstellen in Deutschland zum Ziel
 - Längerfristig ausgerichteter Nachfolger der CEP
 - Ankündigung September 2014: bis 2023 Aufbau von 400 Wasserstofftankstellen in Deutschland
 - Finanzielle Beteiligung der öffentlich Hand an den Investitionskosten von geschätzt 350 Mio. Euro durch Konsortium als notwendig erachtet