Wasserstoffmobilität

Marktentwicklungsaktivitäten weltweit

LeadIng.

THE LINDE GROUP

Thomas Bielmeier

Graz, 10.02.2016

Agenda

THE LINDE GROUP

Wasserstofftankstellen

Brennstoffzellenfahrzeuge

Weitere Anwendungsbereiche

Marktentwicklungsaktivitäten

Agenda

THE LINDE GROUP

Wasserstofftankstellen

- Technische Anforderungen
- Konzept Kryopumpen-Tankstelle

Brennstoffzellenfahrzeuge

Weitere Anwendungsbereiche

Marktentwicklungsaktivitäten

Wasserstofftankstellen

Technische Anforderungen & Funktionsprinzip

THE LINDE GROUP

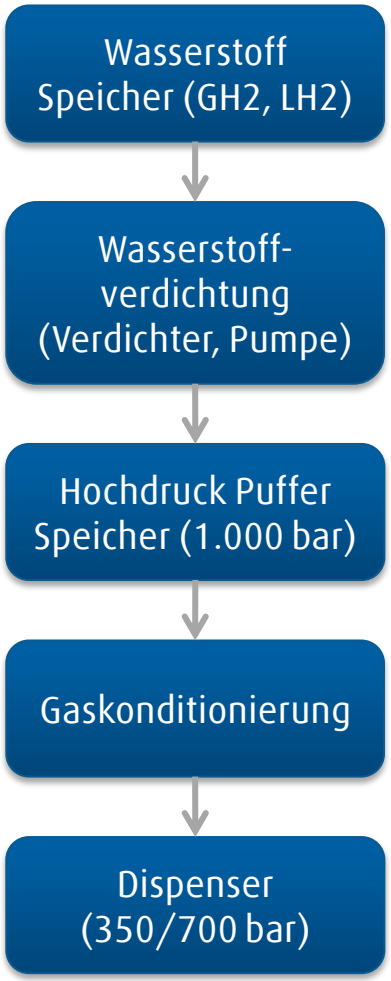
Technische Anforderungen

- Geregelt im Industriestandard SAE J2601
- Einflussgrößen (u.a.)
  - Fahrzeugtank
    - Größenkategorien: 2-4 kg, 4-7 kg, 7-10 kg,
    - Betriebsgrenzen : -40°C bis +85°C, 5 bar bis 875 bar
  - Umgebungstemperatur
  - Dispenserkategorie (350/700 bar, -40°C/ -30°C/ -20°C)
  - Fahrzeugrestdruck

- Referenzleistung:

Umgebungstemp.:	20°C
Fahrzeugrestdruck:	100 bar
Dispenserkategorie:	H70-T40
Fahrzeugzieldruck:	95% SOC
→ **Ziel-Betankungsdauer:**	**3 min**

Generelles Funktionsprinzip



Quelle: SAE J2601:2014-07, Surface Vehicle Standard – Fueling Protocols for Light Duty Gaseous Hydrogen Surface Vehicles

Wasserstofftankstellen

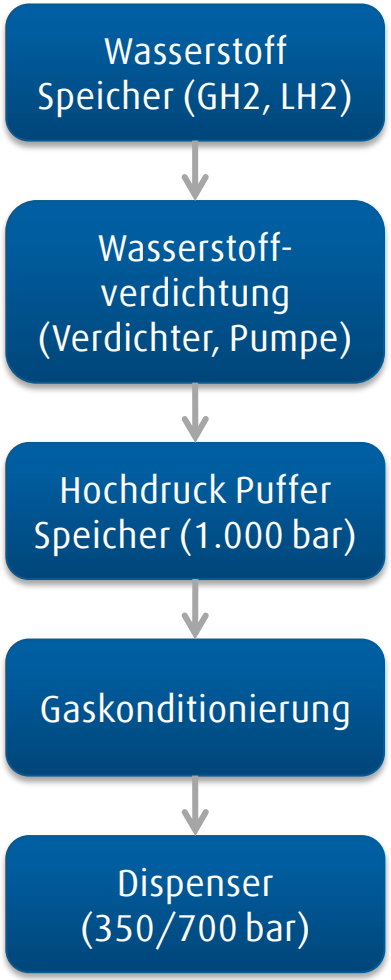
Technische Anforderungen & Funktionsprinzip

THE LINDE GROUP

Technische Anforderungen

H70-T40 7-10kg non-comm		APRR [MPa/min]	Target Pressure, P_{target} [MPa]											
			Initial Tank Pressure, P_0 [MPa]											
			0,5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	70	> 70
Ambient Temperature, T_{amb} [°C]	> 50	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling
	50	7,6	77,9	78,8	78,4	77,9	77,3	77,3	76,5	76,0	75,2	74,3	728	no fueling
	45	11,0	75,8	77,4	78,1	77,6	77,0	77,2	76,4	76,0	75,1	74,2	728	no fueling
	40	14,5	72,8	75,3	77,9	77,3	76,7	77,0	76,2	75,9	75,0	74,2	727	no fueling
	35	15,3	72,2	75,1	77,4	76,8	76,2	76,6	75,8	75,6	74,8	74,0	727	no fueling
	30	17,9	70,5	73,9	76,7	76,0	76,2	75,7	74,8	74,5	73,6	72,7	713	no fueling
	25	19,9	71,1	75,0	75,9	75,2	75,3	74,8	73,7	73,4	72,3	71,3	no fueling	no fueling
	20	19,9	75,7	75,4	75,0	74,1	74,3	73,7	72,5	72,1	71,0	69,9	no fueling	no fueling
	10	19,9	74,0	73,7	73,1	72,0	72,3	71,6	70,8	69,6	68,6	67,0	no fueling	no fueling
	0	19,9	73,0	72,5	71,6	71,2	70,2	69,4	68,4	67,1	65,8	64,1	no fueling	no fueling
	-10	19,9	72,3	71,8	70,9	70,4	69,1	67,7	66,0	64,4	63,0	61,2	no fueling	no fueling
	-20	19,9	71,5	71,0	70,2	69,7	68,4	67,1	64,9	62,0	60,1	no fueling	no fueling	no fueling
	-30	19,9	70,5	70,1	69,3	68,9	67,7	66,3	64,3	61,4	58,5	no fueling	no fueling	no fueling
	-40	19,9	70,0	69,6	68,8	68,4	67,2	65,9	63,9	61,1	58,4	no fueling	no fueling	no fueling
	< -40	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling

Generelles Funktionsprinzip

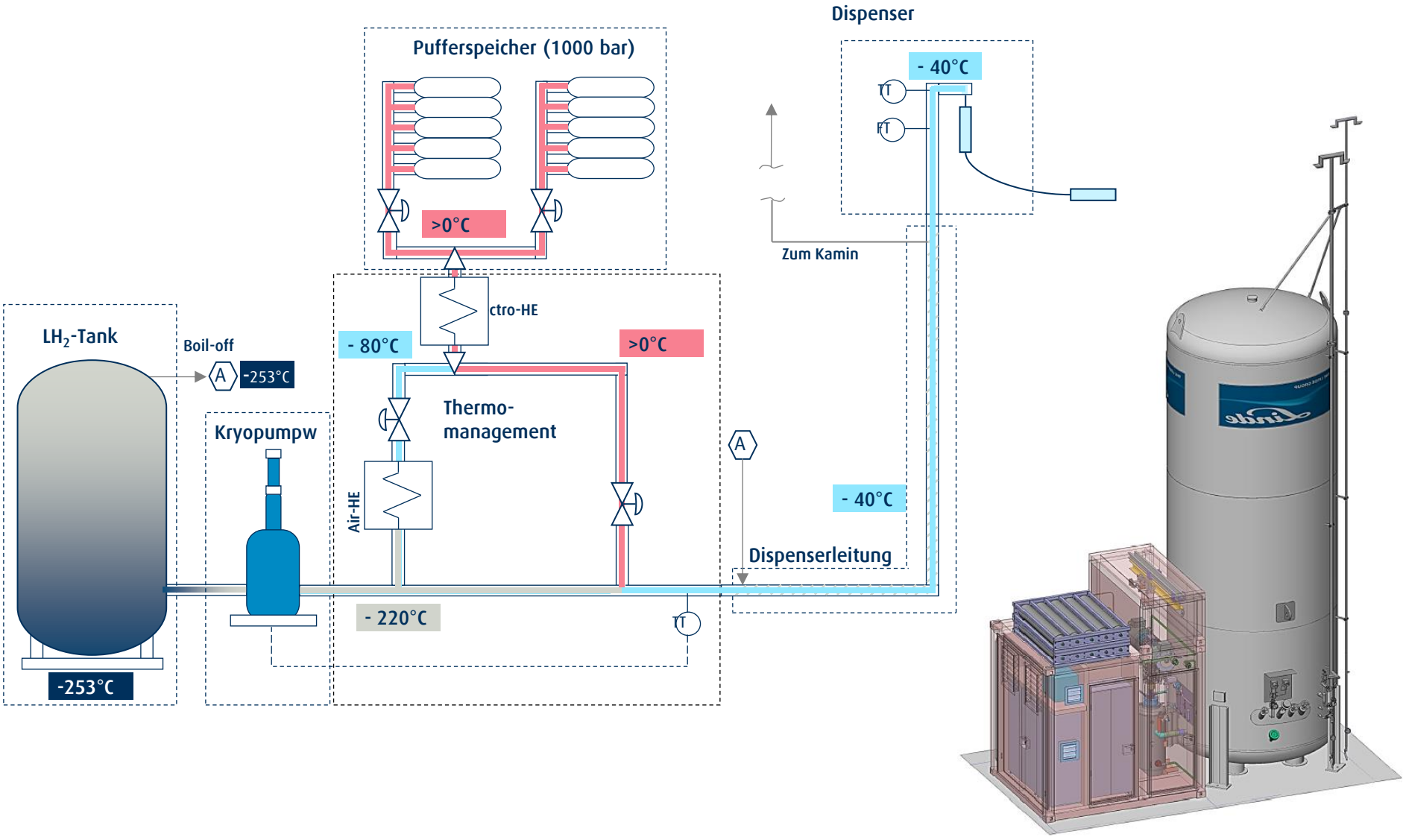


Quelle: SAE J2601:2014-07, Surface Vehicle Standard – Fueling Protocols for Light Duty Gaseous Hydrogen Surface Vehicles

Wasserstofftankstellen

Konzept Kryopumpen-Tankstelle

THE LINDE GROUP



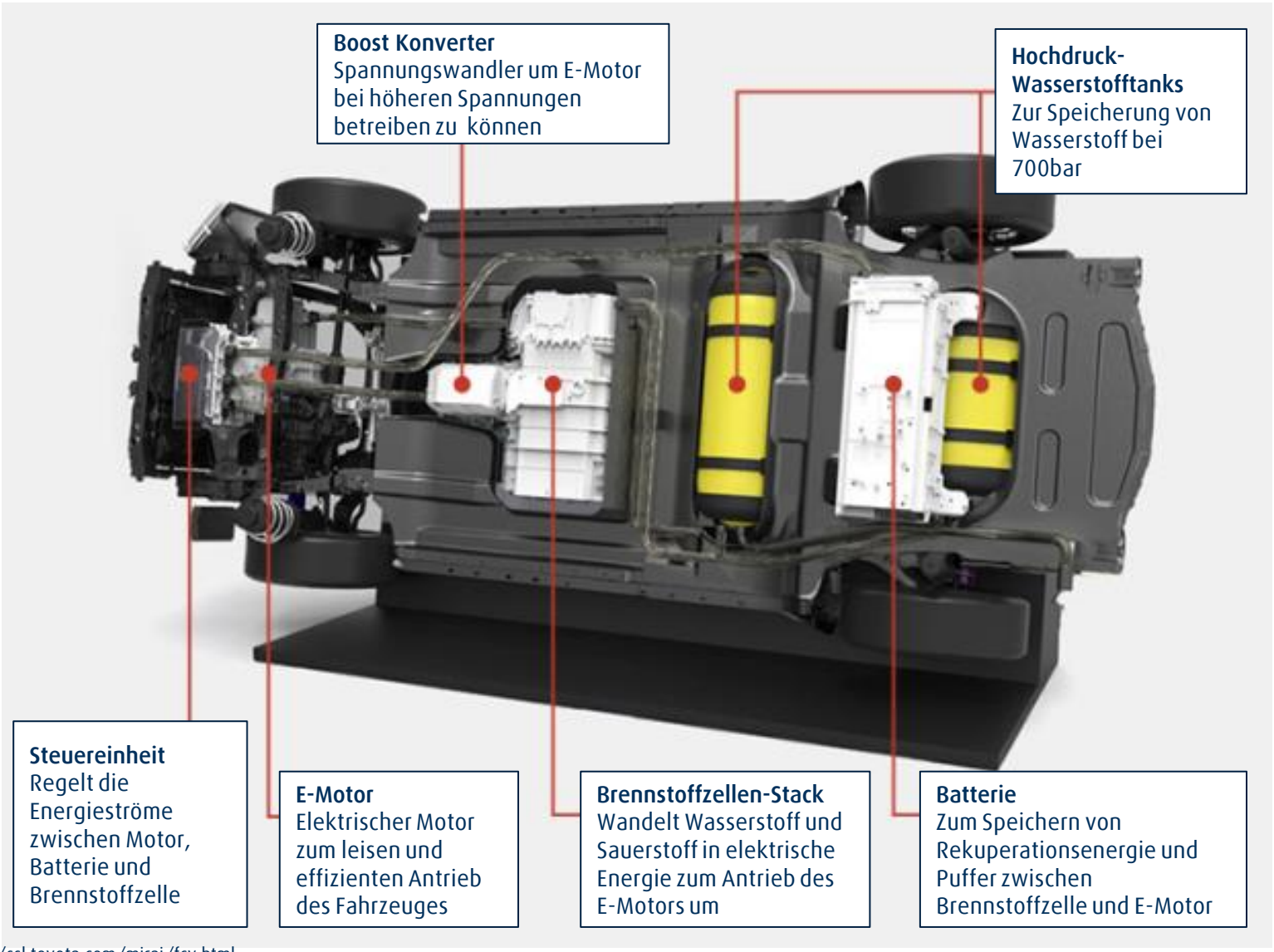
Agenda

THE LINDE GROUP

- **Wasserstofftankstellen**
- **Brennstoffzellenfahrzeuge**
  - Technologie
  - Markteinführung
- **Weitere Anwendungsbereiche**
- **Marktentwicklungsaktivitäten**

Brennstoffzellenfahrzeuge
Technologie

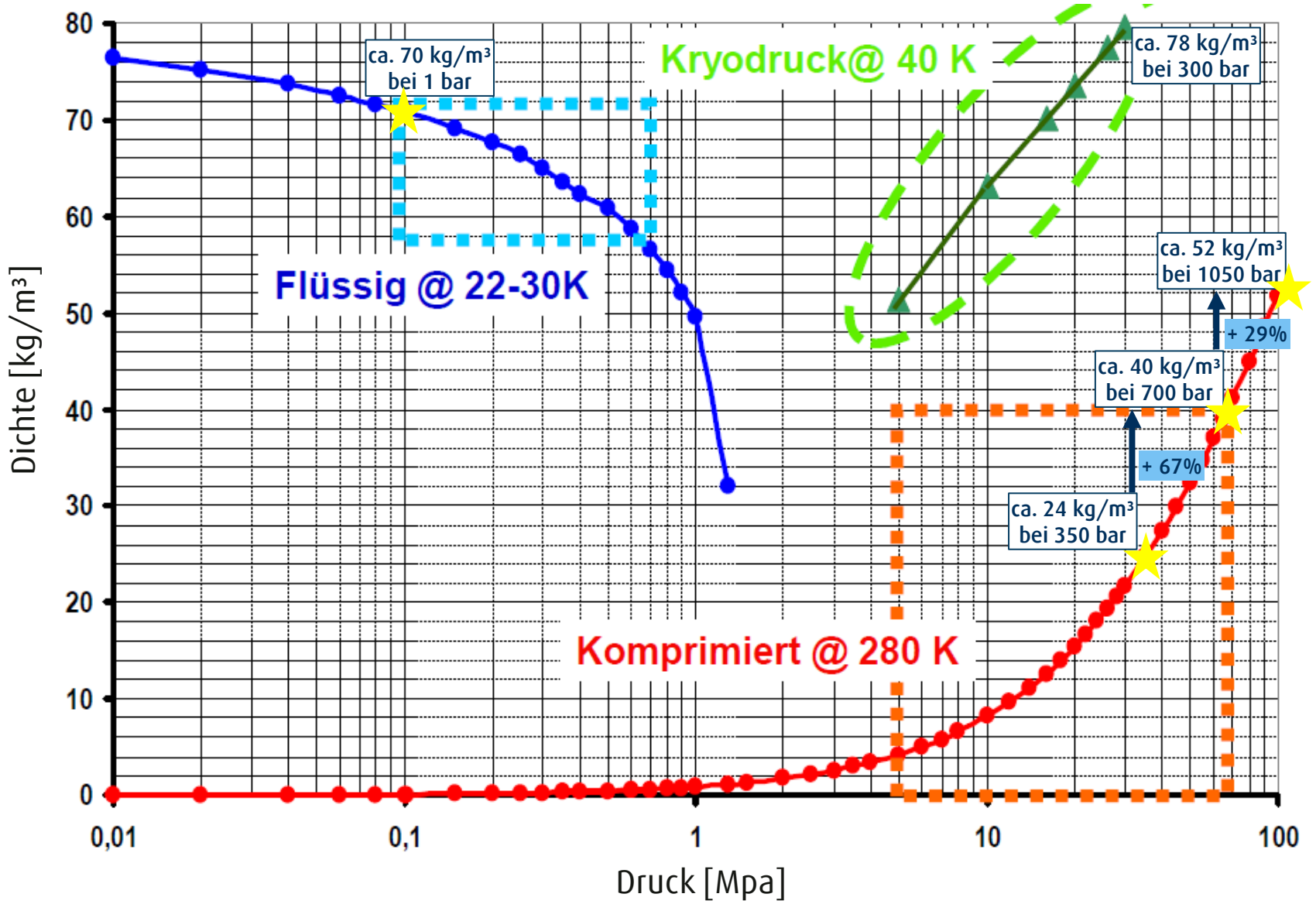
THE LINDE GROUP



Quelle: https://ssl.toyota.com/mirai/fcv.html

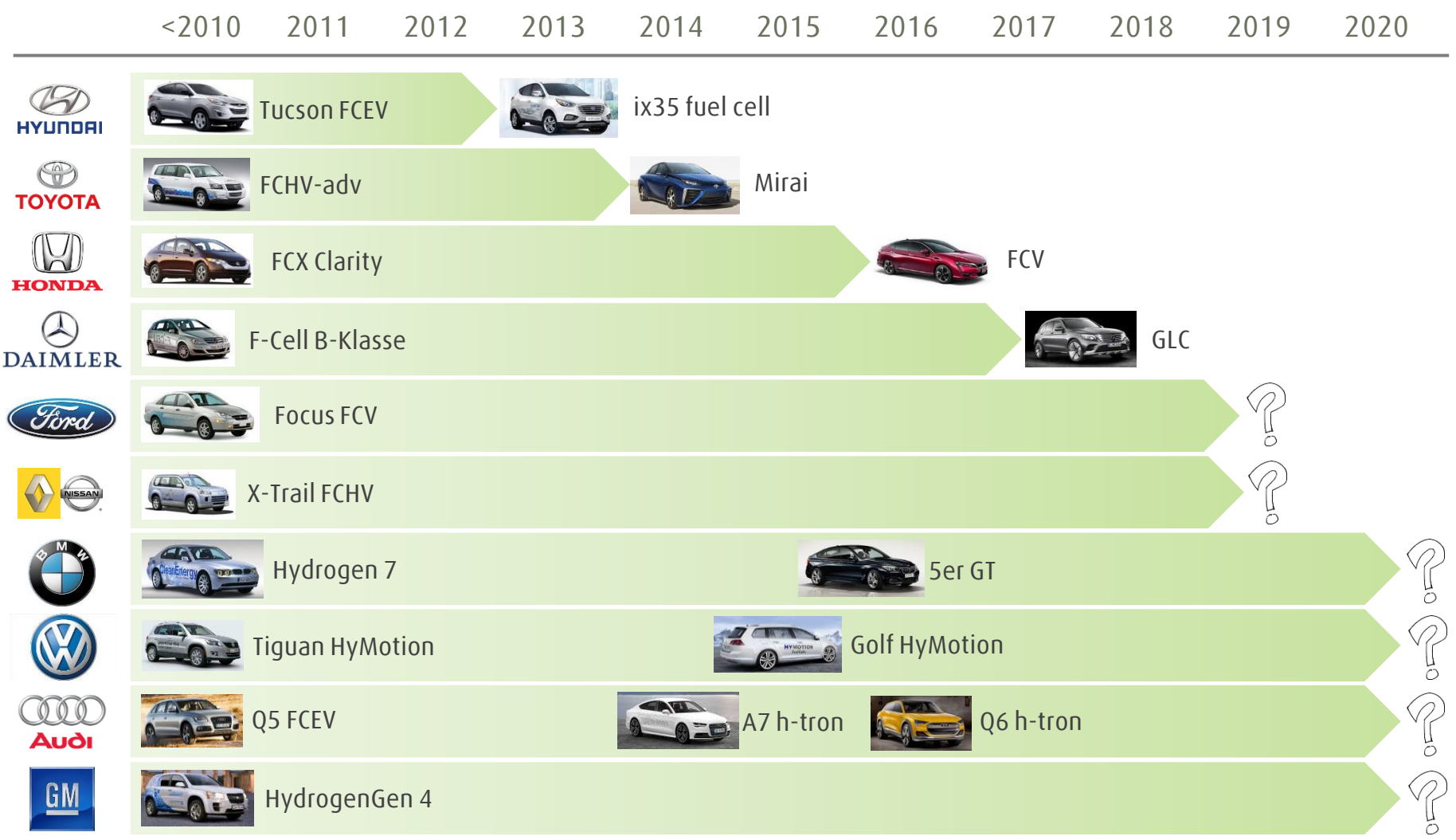
Brennstoffzellenfahrzeuge
Technologie

THE LINDE GROUP



Brennstoffzellenfahrzeuge
Markteinführung

THE LINDE GROUP



Agenda

THE LINDE GROUP

- **Wasserstofftankstellen**
- **Brennstoffzellenfahrzeuge**
- **Weitere Anwendungsbereiche**
  - Brennstoffzellen-Busse
  - Brennstoffzellen-Züge
- **Marktentwicklungsaktivitäten**

Weitere Anwendungsbereiche
Brennstoffzellen-Busse

THE LINDE GROUP

Aktuelle Phase

- Mobilisierung interessierter Standorte
- Kostenanalyse
- Formierung regionaler Cluster

- Engineering für H_2 Betankungs-infrastruktur

2014-2015

- Regionale Cluster
- Joint Procurement
- Förderantrag Demoprojekt

- EU-Roadmap & Diskussion zu Regularien

2016

- Ausführung von Demo-projekten

- Lokale, nationale & EU Förderung für Demos

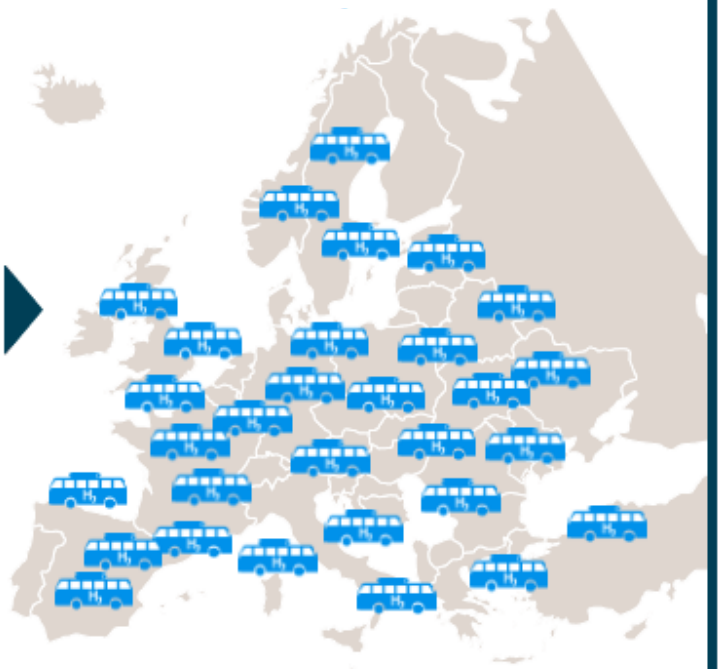
- Regulatorien um Roll-out zu unterstützen

2017-2020

Skaleneffekte
Anreize
Regulierung

VISION –

FC Busse sind wirtschaftlich in ganz Europa im Betrieb



2020 ff.

Quelle: Ammermann, H., Ruf, Y., Lange, S., Fundulea, D, Martin, A., 2015, Fuel Cell Electric Buses – Potential for Sustainable Public Transport in Europe

Weitere Anwendungsbereiche
Brennstoffzellen-Züge

THE LINDE GROUP

Markt Trends

Mittel- bis langfristig **steigende Preise** für Diesel und Strom

Regulatorischer und gesellschaftlicher Trend zu **mehr Nachhaltigkeit**

Abnehmende Akzeptanz und strengere Regulierung bzgl. Lärm

Langfristig sind ~**50% des Schienennetzes nicht Elektrifizierbar**

Charakteristika von H2 Zügen

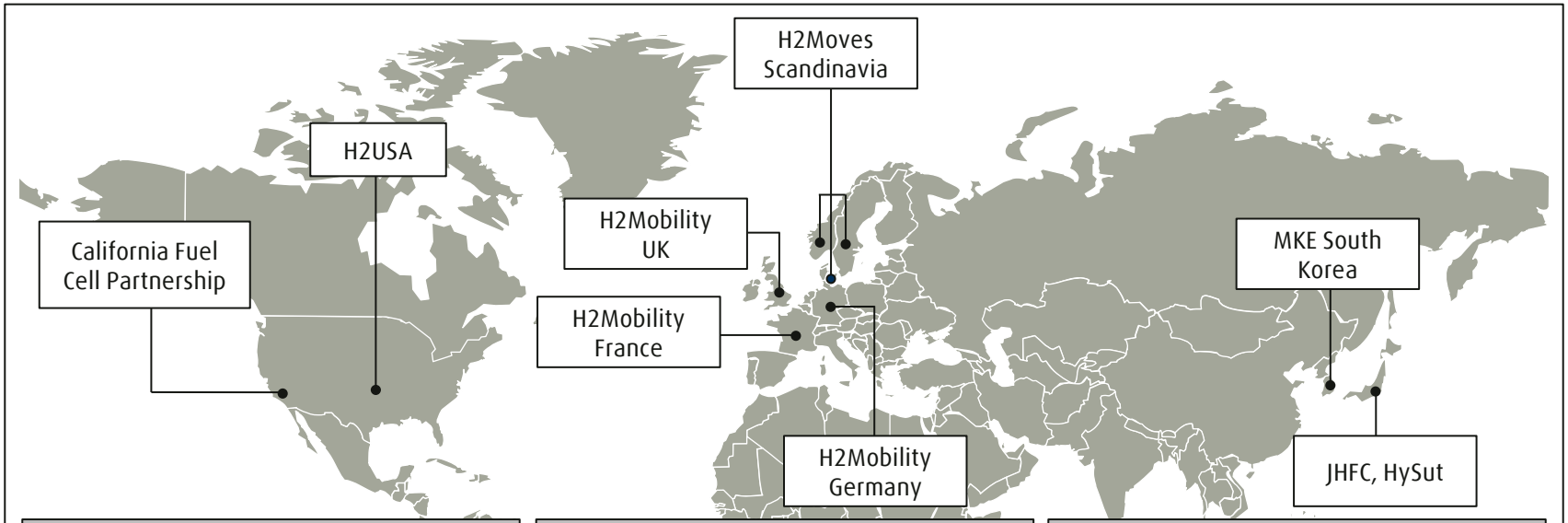
Agenda

THE LINDE GROUP

- Wasserstofftankstellen
- Brennstoffzellenfahrzeuge
- Weitere Anwendungsbereiche
- **Marktentwicklungsaktivitäten**
  - Marktübersicht
  - Kernmärkte

Wasserstoffmobilität Marktentwicklung

Marktübersicht



USA / Kalifornien

Kalifornien:
- Air Resources Board mit umfassendem und effektivem Programm für emissionsarme Fahrzeuge
- ZEV Credit System um emissionsarme Fahrzeuge zu fördern
- Öffentliche Förderung zum Infrastrukturaufbau
- Ursprüngliche Zielsetzung: 68 HRS bis 2016

Rest USA:
- Einige Staaten folgen kalifornischem ZEV Credit System
- H2USA Initiative um Infrastruktur in weiteren Staaten voranzubringen

Europa

Deutschland:
- Öffentliche Förderung zum Infrastrukturaufbau
- Ursprüngliche Zielsetzung: 50 HRS bis 2015
- H2Mobility Germany wurde 2015 gegründet mit dem Ziel 400 HRS bis 2023 zu errichten

Skandinavien:
- Steuerliche Vorteile emissionsarmer Fahrzeuge
- Förderung des Infrastrukturaufbaus teils durch die nationalen Regierungen teils durch die EU

Rest EU:
- Weitere H2Moility Initiativen (FR, UK, CH) und EU geförderte Projekte

Japan / Süd Korea

Japan:
- Starkes politisches Bekenntnis zu Wasserstoff
- Nationale Autohersteller mit am weitesten fortgeschrittenen Markteinführung von FCEV
- Öffentliche Förderung für FCEVs und zum Infrastrukturaufbau
- Ursprüngliche Zielsetzung: 100 HRS bis 2015

Süd Korea:
- Politisches Engagement im Bereich Wasserstoff hoch auch aufgrund des Fortschritts des lokalen Autoherstellers
- Ursprüngliche Zielsetzung: 43 HRS bis 2015

HRS = Hydrogen Refuelling Station = Wasserstofftankstelle
FCEV = Fuel Cell Electric Vehicle = Brennstoffzellenfahrzeug

Wasserstoffmobilität Marktentwicklung
Kernmärkte - Deutschland

THE LINDE GROUP

2002 … 2012

Demonstration: Clean Energy Partnership (CEP)

- Momentan 16 öffentliche HRS in Betrieb
- Key Cluster: Berlin, Stuttgart, Hamburg

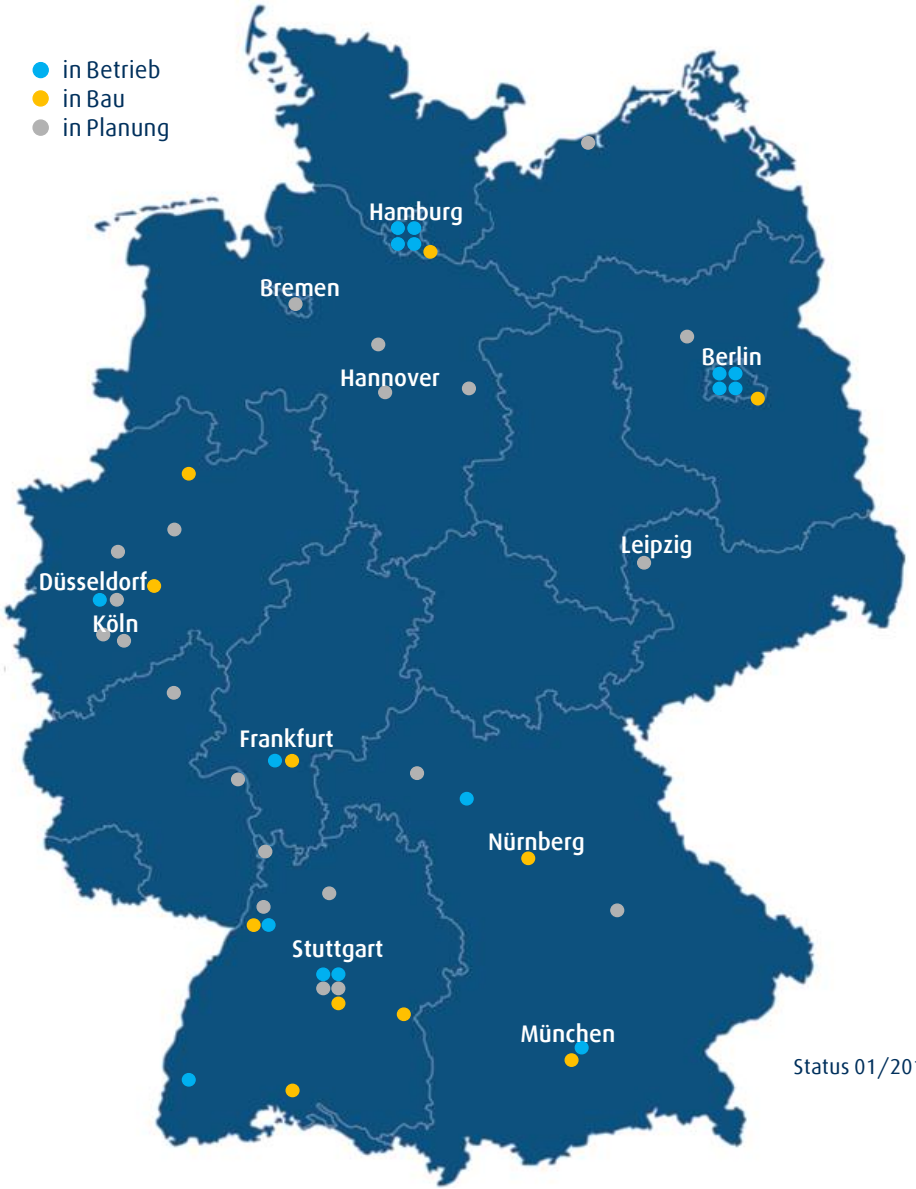
Marktreife: 50 HRS

- BMVI: 50 HRS bis zum Jahr 2015 (48% Förderung über NIP1)

2015 … 2023

Kommerzialisierung: H_2Mobility

- Industriepartnerschaft
- Joint-Entity um in flächendeckende H_2 Infrastruktur zu investieren (ca. 400 HRS bis 2023)



Status 01/2016

Quelle: Clean Energy Partnership, 2015, Veröffentlichung der Projektergebnisse
http://h2-mobility.de/

Wasserstoffmobilität Marktentwicklung

Kernmärkte - Deutschland

THE LINDE GROUP

2002

...

2012

Demonstration: Clean Energy Partnership (CEP)

- Momentan 16 öffentliche HRS in Betrieb
- Key Cluster: Berlin, Stuttgart, Hamburg

Marktreife: 50 HRS

- BMVI: 50 HRS bis zum Jahr 2015 (48% Förderung über NIP1)

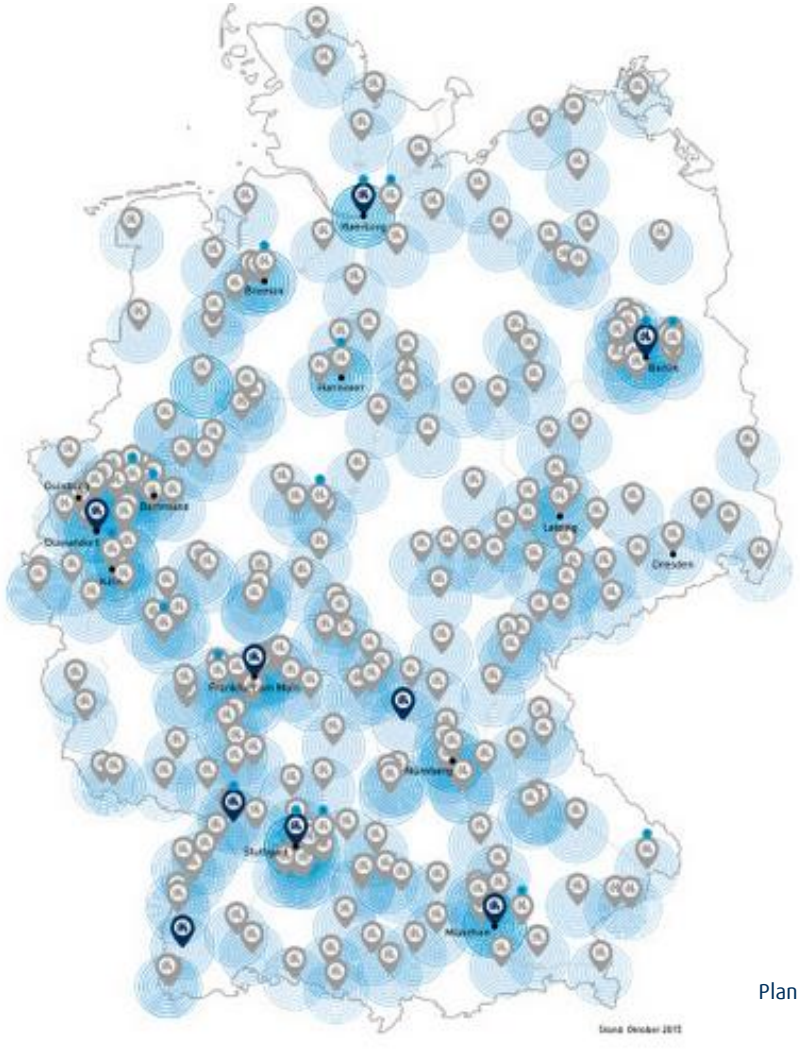
2015

Kommerzialisierung: H_2Mobility

- Industriepartnerschaft
- Joint-Entity um in flächendeckende H_2 Infrastruktur zu investieren (ca. 400 HRS bis 2023)

...

2023



Plan 2023

Quelle: Clean Energy Partnership, 2015, Veröffentlichung der Projektergebnisse
http://h2-mobility.de/

Wasserstoffmobilität Marktentwicklung

Kernmärkte - Kalifornien

THE LINDE GROUP

1990 ...

Kalifornische Gesetzgebung

- Zero Emission Vehicle (ZEV) Regularien (regelmäßige Überarbeitung)

1999 ...

- Assembly Bill 8 & 118 zur HRS- und FCEV-Förderung (~90% je HRS; $5k je FCEV)

2008 ...

California Fuel Cell Partnership

- Momentan 15 öffentliche HRS in Betrieb
- Key Cluster: San Francisco & Los Angeles

2012

Kalifornische Wasserstoff Roadmap

- Planung für HRS Aufbau bis 2020

2018

- In Abstimmung mit Auto OEMs

Status 01/2016

Quelle: CaFCP, 2014, A California Road Map – The Commercialization of Hydrogen Fuel Cell Vehicles (2014 Update)
Assembly Bill 118, 2007-2008 Reg. Sess. (Cal. 2007)

Wasserstoffmobilität Marktentwicklung

Kernmärkte - Kalifornien

1990

...

1999

...

2008

...

2012

2018

Kalifornische Gesetzgebung

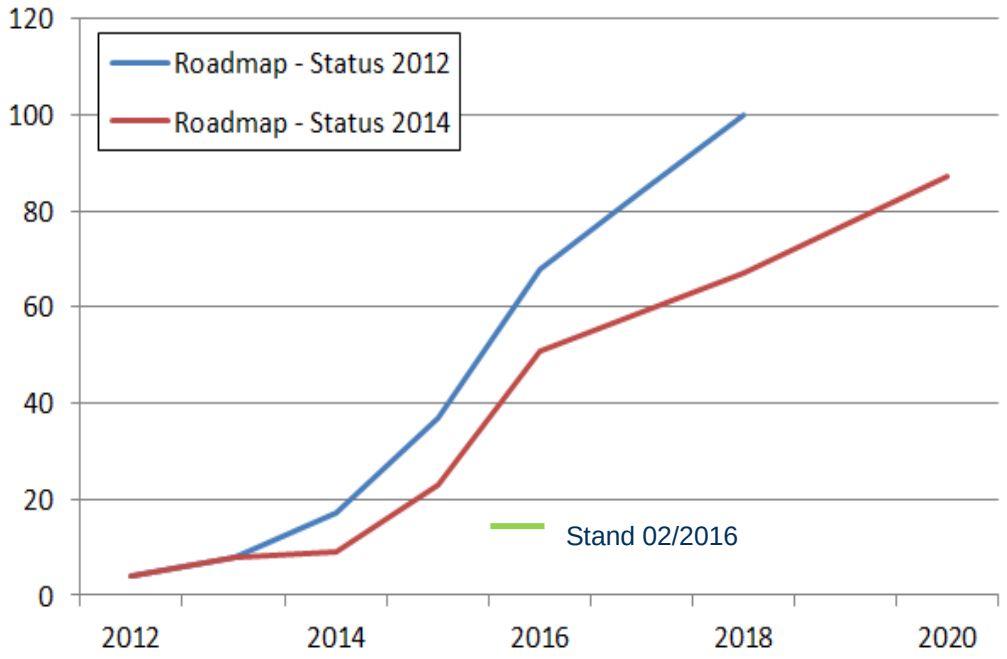
- Zero Emission Vehicle (ZEV) Regularien (regelmäßige Überarbeitung)
- Assembly Bill 8 & 118 zur HRS- und FCEV-Förderung (~90% je HRS; $5k je FCEV)

California Fuel Cell Partnership

- Momentan 15 öffentliche HRS in Betrieb
- Key Cluster: San Francisco & Los Angeles

Kalifornische Wasserstoff Roadmap

- Planung für HRS Aufbau bis 2020
- In Abstimmung mit Auto OEMs



Quelle: CaFCP, 2014, A California Road Map – The Commercialization of Hydrogen Fuel Cell Vehicles (2014 Update)
Assembly Bill 118, 2007-2008 Reg. Sess. (Cal. 2007)

Wasserstoffmobilität Marktentwicklung

Kernmärkte - Japan

THE LINDE GROUP

2002

...

2008

Japan Hydrogen Demonstration Project (JHFC)

- Errichtung und Test von 16 HRS
- Technologie-validierung und -demonstration

Fuel Cell Commercialization Conference of Japan (FCCJ)

- Roadmap: 1.000 HRS und 2 Mio. FCEV bis 2025

2011

Joint Announcement

- Markteinführung von FCEV &100 HRS bis 2015

Politische Unterstützung

- 50% Förderung für HRS & 2 Mio. ¥ je FCEV

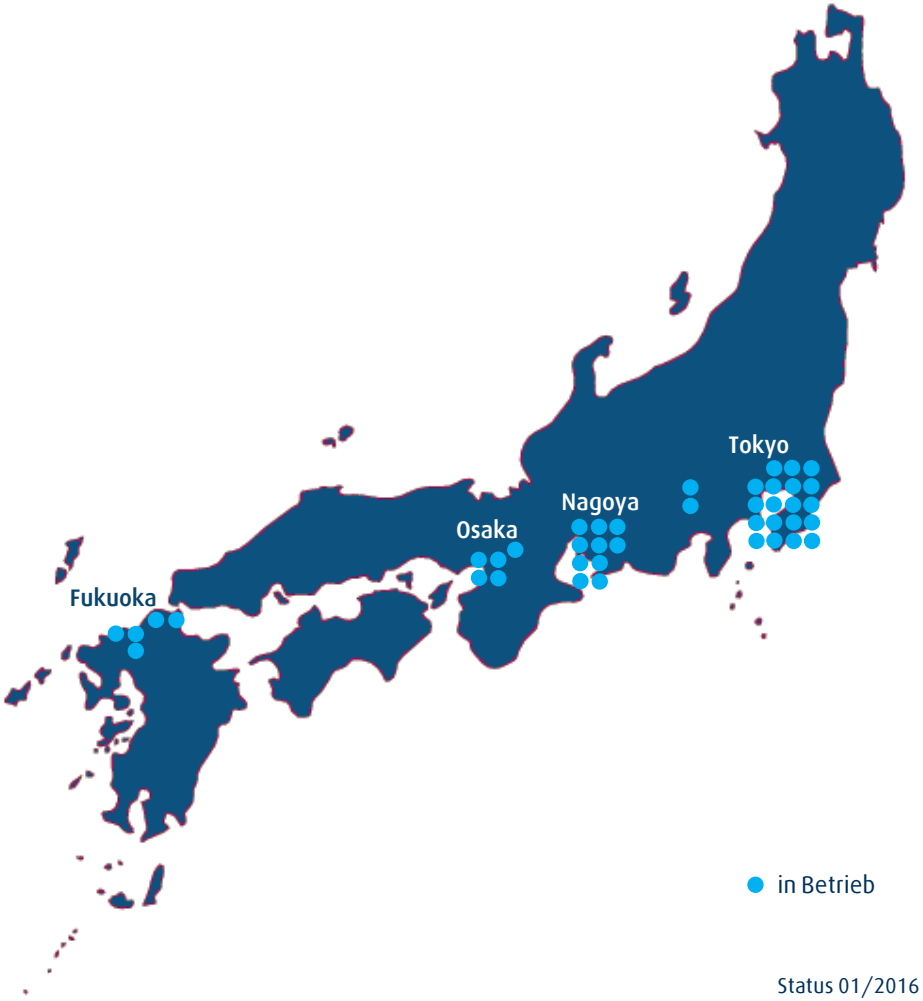
...

2016

...

2020

Olympische Sommerspiele Japan



Status 01/2016

Quelle: www.jari.or.jp/Portals/0/jhfc
Watanabe, S., 2014, Hydrogen Infrastructure in Japan, Presentation at the DOE Hydrogen and Fuel Cells Program and Vehicle Technologies Office Annual Merit Meeting