



Wasserstoff Energieträger der Zukunft

Herausforderung – Chance

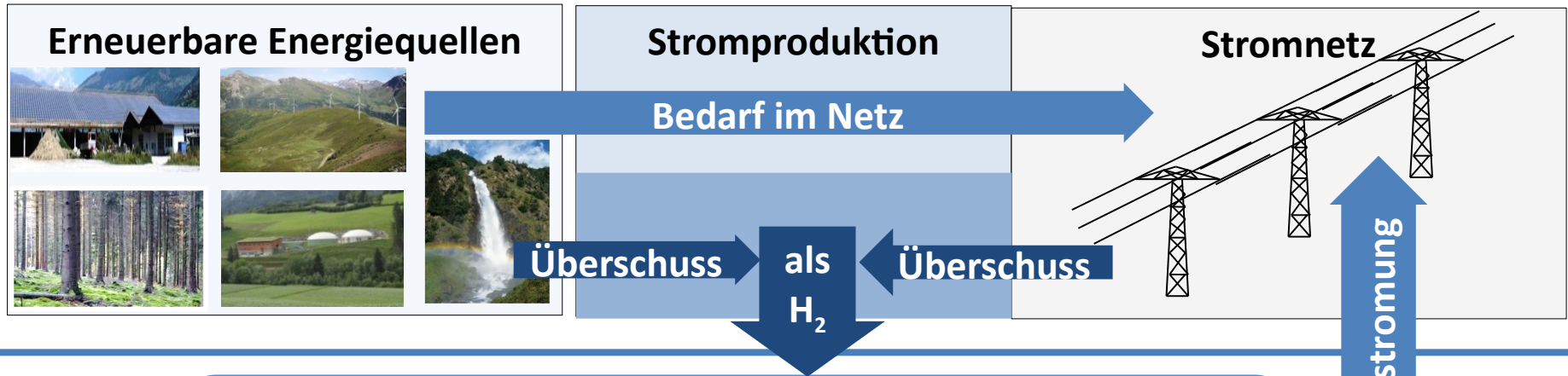
©

Dr. Walter Huber
IIT – Institut für Innovative Technologien, Bozen

Warum Wasserstoff?

- **Kleinstes Gas**, leicht, immer und überall verfügbar, nicht toxisch, flüchtig (14x leichter als Luft), leicht entzündlich, kein Explosivstoff !
- **Produktion überall** aus erneuerbaren Energien möglich, keine langen Transporte; Rohstoff und Endprodukt = Wasser
- **Ohne Spur** von CO₂ im gesamten Lebenszyklus
- Mehr **Unabhängigkeit** von fossilen Energien: große Herausforderung für Politik und Wirtschaft, erhöht die **Sicherheit** der Energieversorgung
- Speicherung von **Überschussstrom** in jeder Größenordnung und **Re-Elektrifizierung** bei Bedarf
- Geld bleibt im **lokalen Wirtschaftskreislauf**, schafft lokalen Mehrwert
- Wasserstoff ist absolut **nachhaltig**:
 - ökologisch (ohne Schadstoffe, ohne CO₂, Klimaschutz),
 - ökonomisch (lokale Wertschöpfung, new business),
 - sozial (neue qualifizierte Arbeitsplätze, saubere Luft)

Stromüberschuss speichern



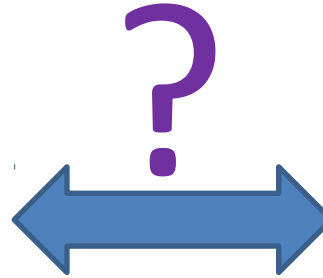
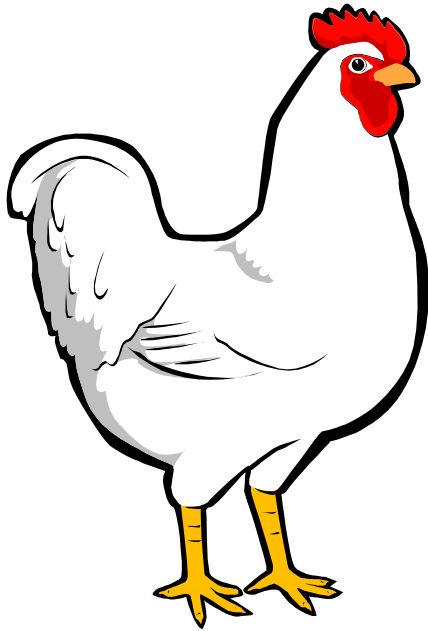
Wasserstoffspeicher

Öffentliche Dienste, private Mobilität, Tankstellen; Industrie, Gewerbe, alles emissionsfrei

Haustechnik, technische Anwendungen aller Art, stationäre Einheiten

Netzstabilisierung, Spitzenstrom, erneuerbare Stromquellen als Grundlast, Unabhängigkeit, Versorgungssicherheit

System Henne – Ei



**Was muss
zuerst sein:**

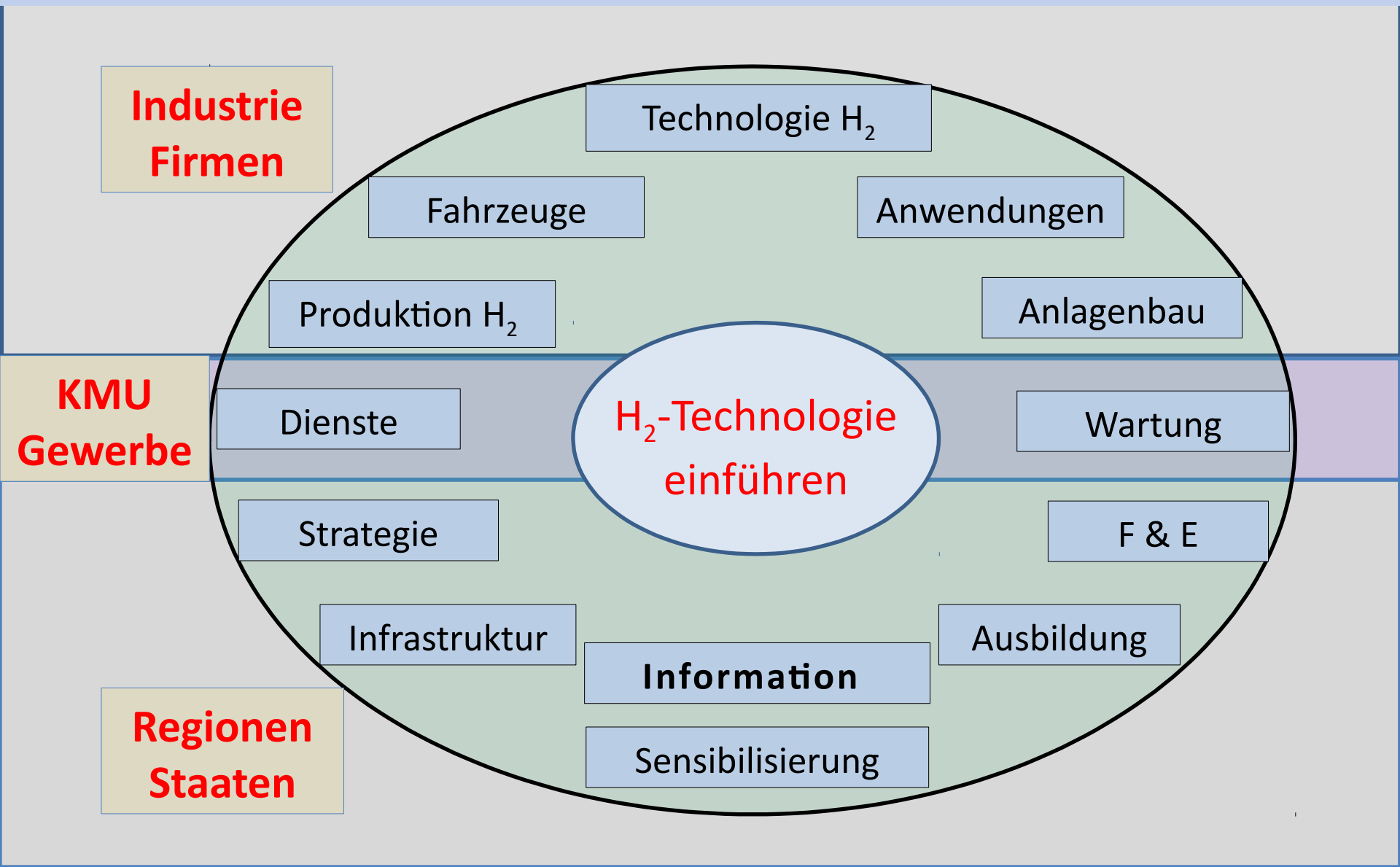


Die Henne oder das Ei?

Fahrzeuge oder Tankstellen?

Industrie oder Regionen ?

Regionen ↔ Industrie



1.

**Für Südtirol ist es wichtig,
vorne mit dabei zu sein**

Wasserstoff Südtirol



- Eigenproduktion von H₂ mit Elektrolyse
- Kapazität 400 kg H₂ täglich mit lokaler Wasserkraft
- ***Programm: Produktion vergrößern bis 2020***



- 5 H₂-Autobusse im Stadtverkehr Bozen >5 Jahre
- 12 neue Busse bestellt
- ***Programm: Interurbane Dienste ausbauen***



- 10 H₂-PKWs als Mietsystem, H₂ Flotte im wachsen
- Stationäre Anwendungen
- ***Programm: LKWs, Müllsammlung, Warenauslieferung***



- ***Programm: Italien mit Mitteleuropa verbinden entlang der TEN-T-Achsen, IIT gilt in der EU als 'flag ship'***
- 5 Tankstellen in Südtirol (30-40 km) bis 2020
- 5 Stationen entlang des «Green Corridor» (100 km): bis 2025



- Strategische Planung: regional, national, international
- Information, Besichtigungen, Weiterbildung, Seminare,
- Mitarbeit: neue H₂ nationale Sicherheitsregeln
- ***Programm: KMU und Unternehmer als Innovatoren***

Wasserstoffbusse

- Die 5 Busse in Bozen funktionieren perfekt das sechste Jahr, 12 neue Busse im Ankauf: Bürger und Busfahrer wollen sie
 - Die Bürger: leise Busse, ohne stinkende Emissionen, bequem
 - Die Fahrer: leise Busse, ohne Vibrationen, ermüden nicht
- Verfügbarkeit auf der Straße 96-98%: gleich wie Dieselsebusse
- Wasserstoff aus örtlichen erneuerbaren Quellen (Wasserkraft)
- EU: >1.000 Anträge um Co-Finanzierung
- Bushersteller reagieren sehr langsam – warum eigentlich ?



LKWs FC

- **Spezielle Vehikel** mit FC und H₂ :
 - Nikola Motors (USA): schwere Zugmaschinen 2020: 2.000 km Autonomie, >7.000 Vormerkungen
 - Annheuser&Bush: 800 LKWs, 400 H₂-Produktionen + 1000 Tankstellen (NEL)
 - Europäische Initiativen: Müllsammlung, Gabelstapler, Lastwägen, Shuttle, Lieferautos mit 3,5 t bis 7 t – alle mit Wasserstoff ...
 - Scania (S), Coop (CH): LKW mit 18 Tonnen
 - Gesellschaften: Coop (CH), Spar (A), M-Preis (A): Warenverteilung
- **Indirekten Gewinn** anpeilen bei Fahrzeugen, Tankstellen und bei Diensten: Wettbewerbsvorteile, Anreize, Hilfestellungen usw. sind zunehmend starke Motive



Spezielle Fahrzeuge H₂

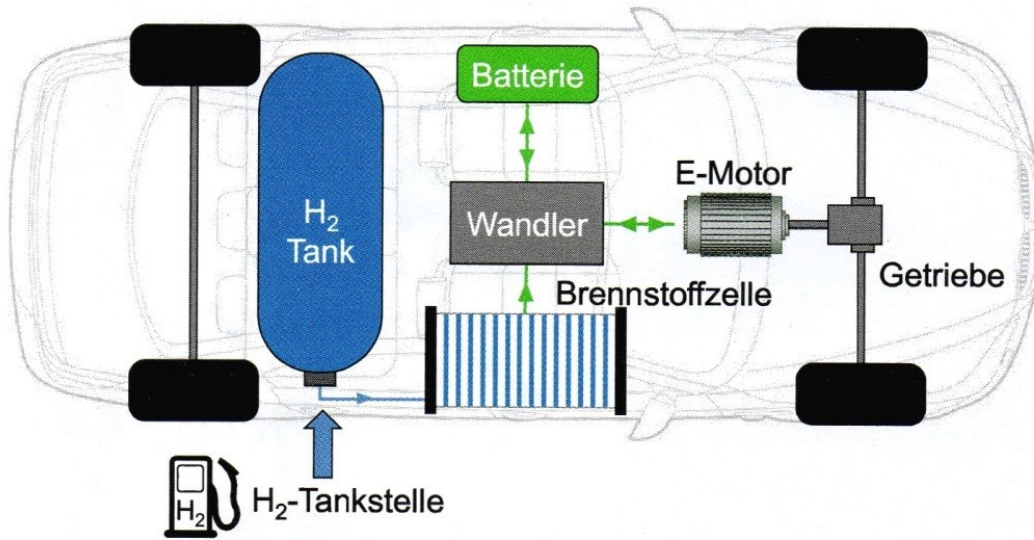
- **Wasserstoffzüge** von Alstom : 800 km Autonomie, Ersatz der Regionalzüge mit Diesel; H₂ aus Windkraft im Überschuss
 - Deutschland: 80 Züge bis 2021, Schleswig Holstein 14 Züge bestellt
 - Dänemark 100 Züge angefragt, Interesse in Italien
- **Schiffe, Boote ...:**
 - Erste Erprobungen im Laufen, bessere Lösung für H₂-Betankung, Breit angelegte Konzepte entwickeln, Regelwerke ändern
 - Autonomie für drei Tage (Hamburg)
 - FC mit Methanol bei Köln (mit erneuerbaren Strom und CO₂ aus der Luft)



Batterie und Brennstoffzelle

Stärken und Schwächen

Kriterium	Brennst.zelle+ Batterie	Fossile
Lade/Betankungszeiten	●●	●●●●
Reichweite	●●	●●●●
Gesamtwirkungsgrad	●	●●
Betriebskosten auf 100 km	●	●●●●
Platzverbrauch für Lade- oder Betankungsstellen	●●	●●●●
Funktion als Energiespeicher für erneuerbare E.	●●	● negativ
Verfügbare Lade/Betankungsinfrastrukturen heute	●	●●●●
Investitionskosten für flächendeck. Infrastrukturen	●	●●●●
Fahrzeugkosten	●	●●●●
Gesamtumweltbilanz	●●	● negativ



Dominanter Antrieb

Brennstoffzelle 100-150 kW; Tank 5-6 kg H₂

Batterie 2-3 kWh:

hohe Leistungsdichte, geringe Kapazität

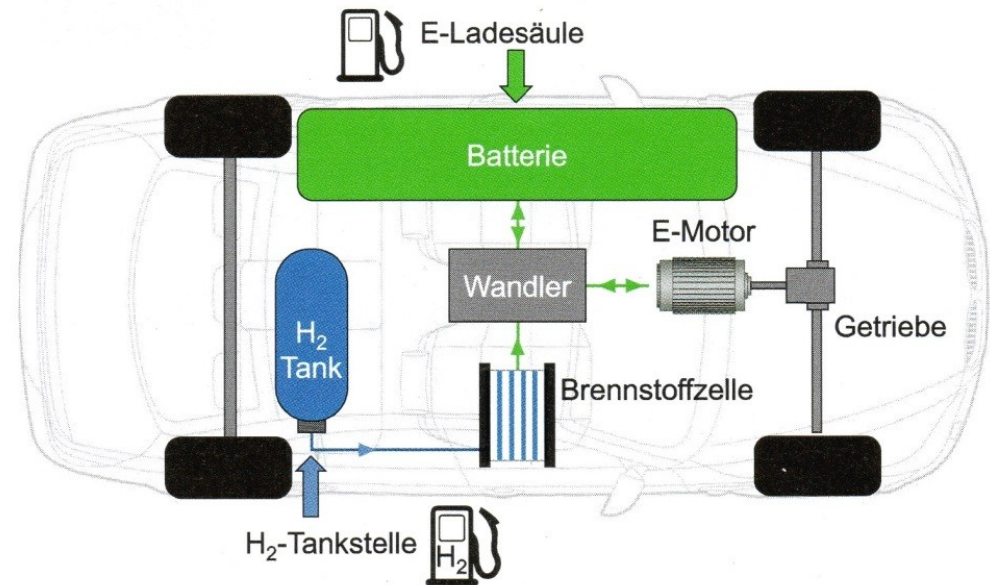
Range Extender

Brennstoffzelle 20-30 kW, kleiner Tank

Batterie: große Batterie;

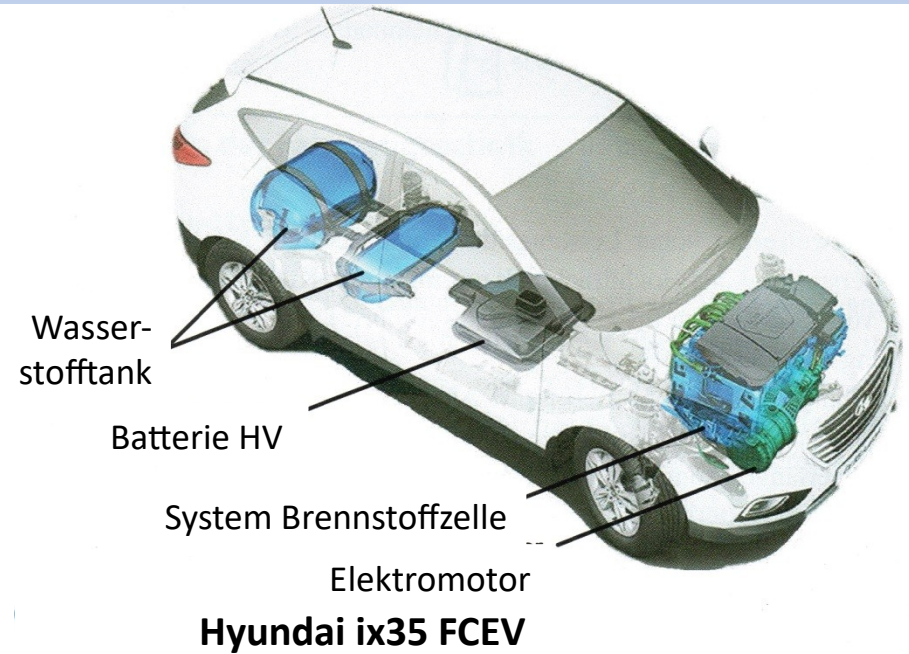
geringe Leistungsdichte, hohe Kapazität;

häufig als Plug-in-Hybrid ausgeführt



Installationen FCEV

- Verteilung der einzelnen Bauteile in den beiden aktuell am Markt befindlichen FCEV
- Zwei Tanks mit je 700 bar die eine Autonomie von 450 bis 800 km ermöglichen, je nach Gelände und Fahrstil



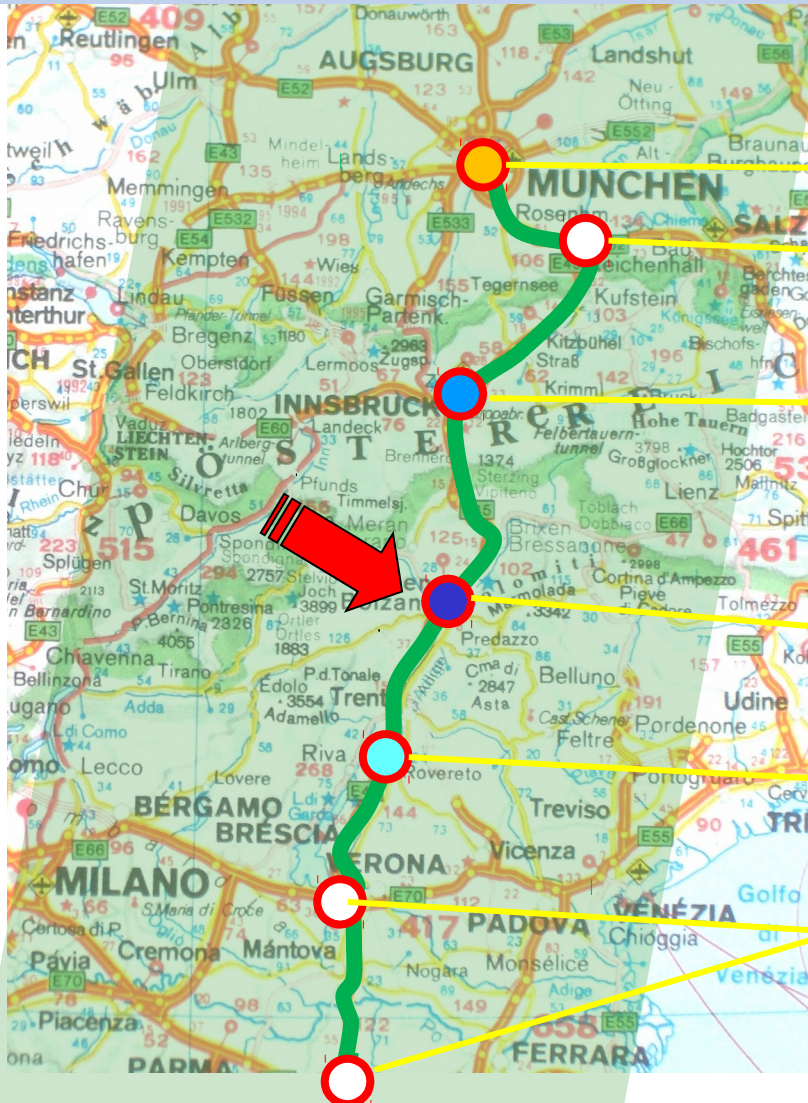
2.

Der grüne Korridor

Der grüne Korridor

H₂-Autobahn München – Modena: 600 km

Alle 100 km eine Wasserstofftankstelle



München: 5 Stationen

Rosenheim: Planung (2023)

Innsbruck (22/05/2015)

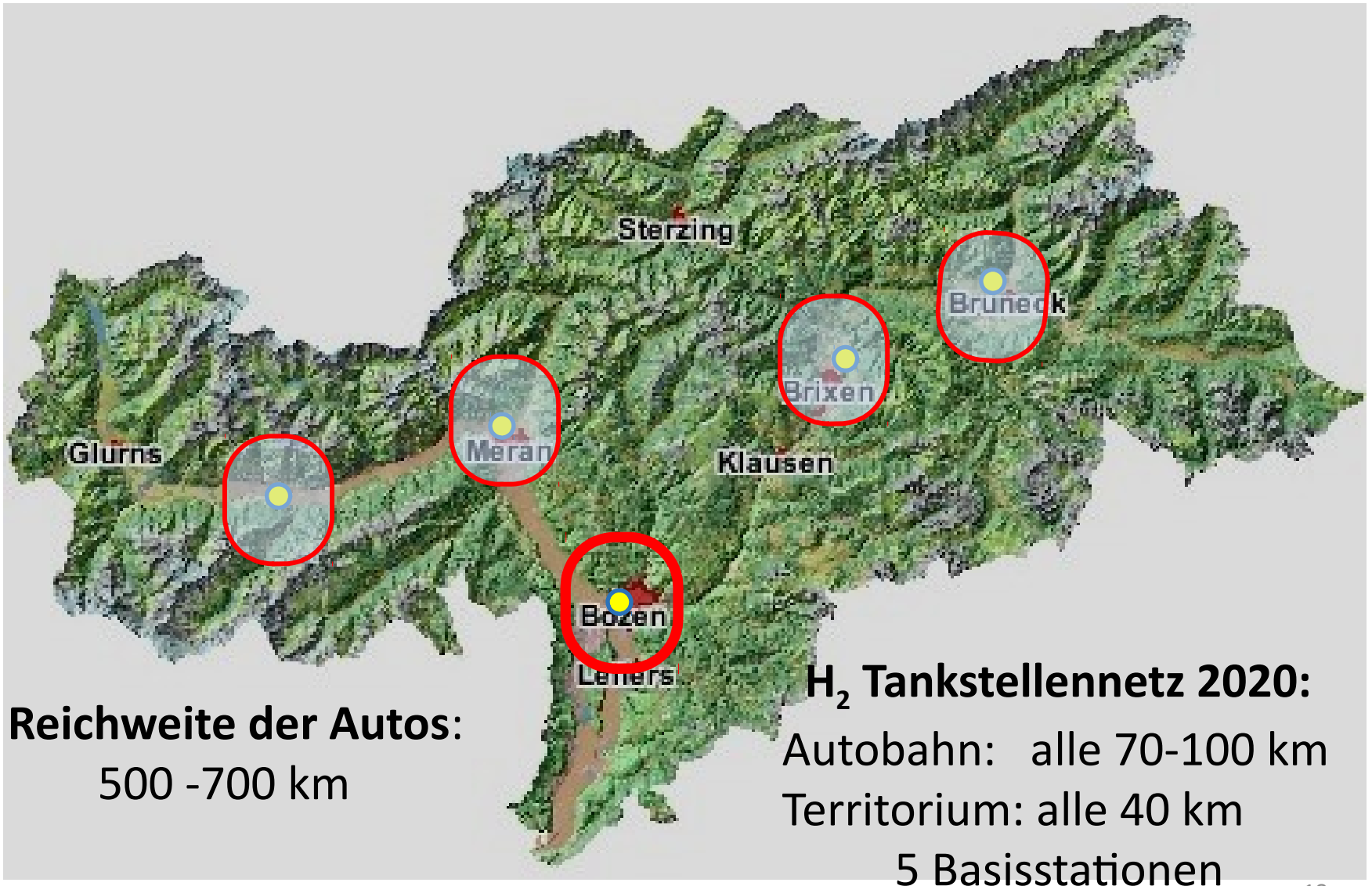
Bozen (5/06/2013)

Rovereto Sud/Affi: Planung (2018)

Verona + Carpi: Programm: 2020

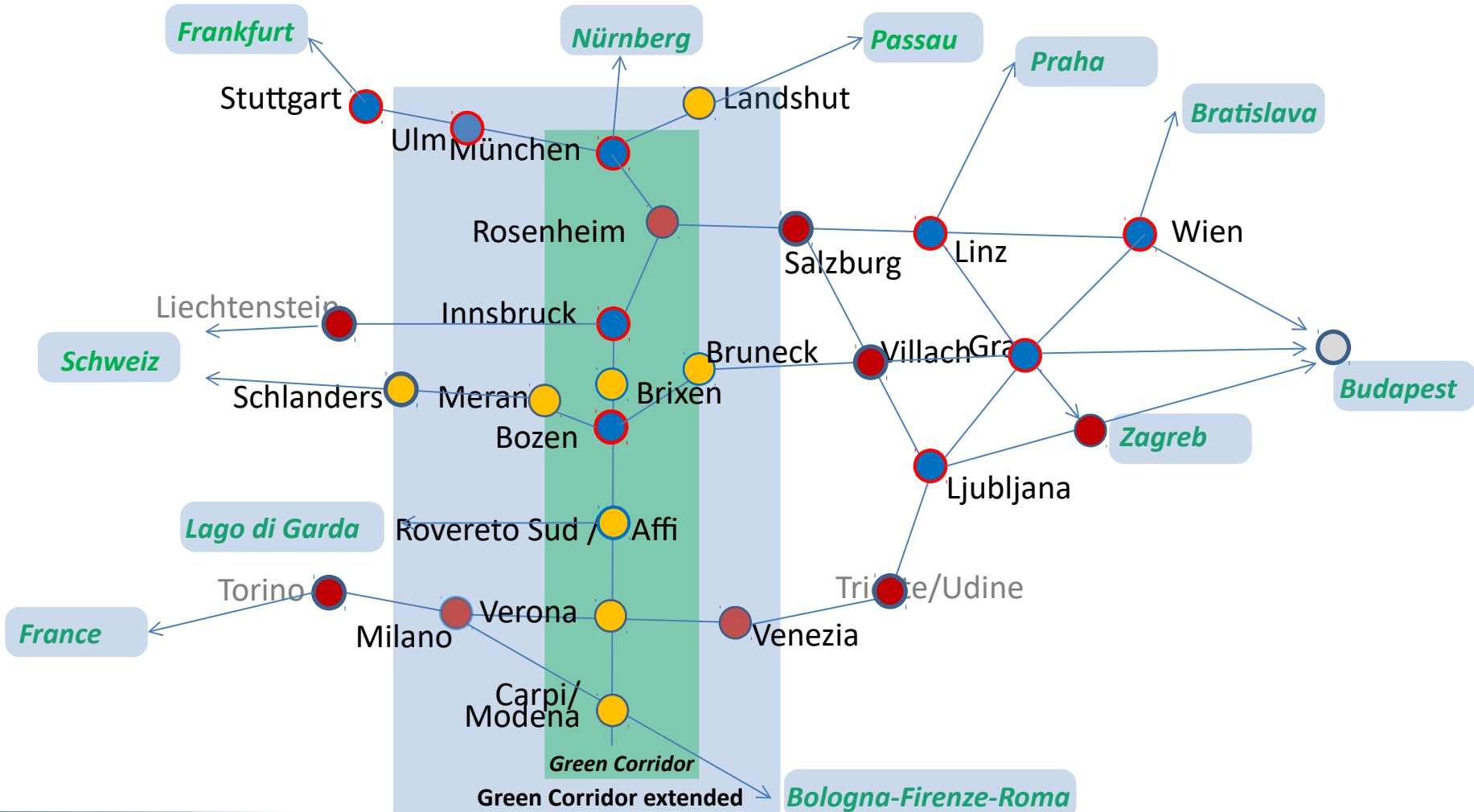
Bewegungsbereich





H₂ Tankstellen (HRS)

Bestand– Projekte – Pläne



● HRS bereit Ende 2017

● HRS bis 2020

● HRS bis 2025

Der Grüne Korridor ist wichtig für internationale Anbindung und Entwicklungen

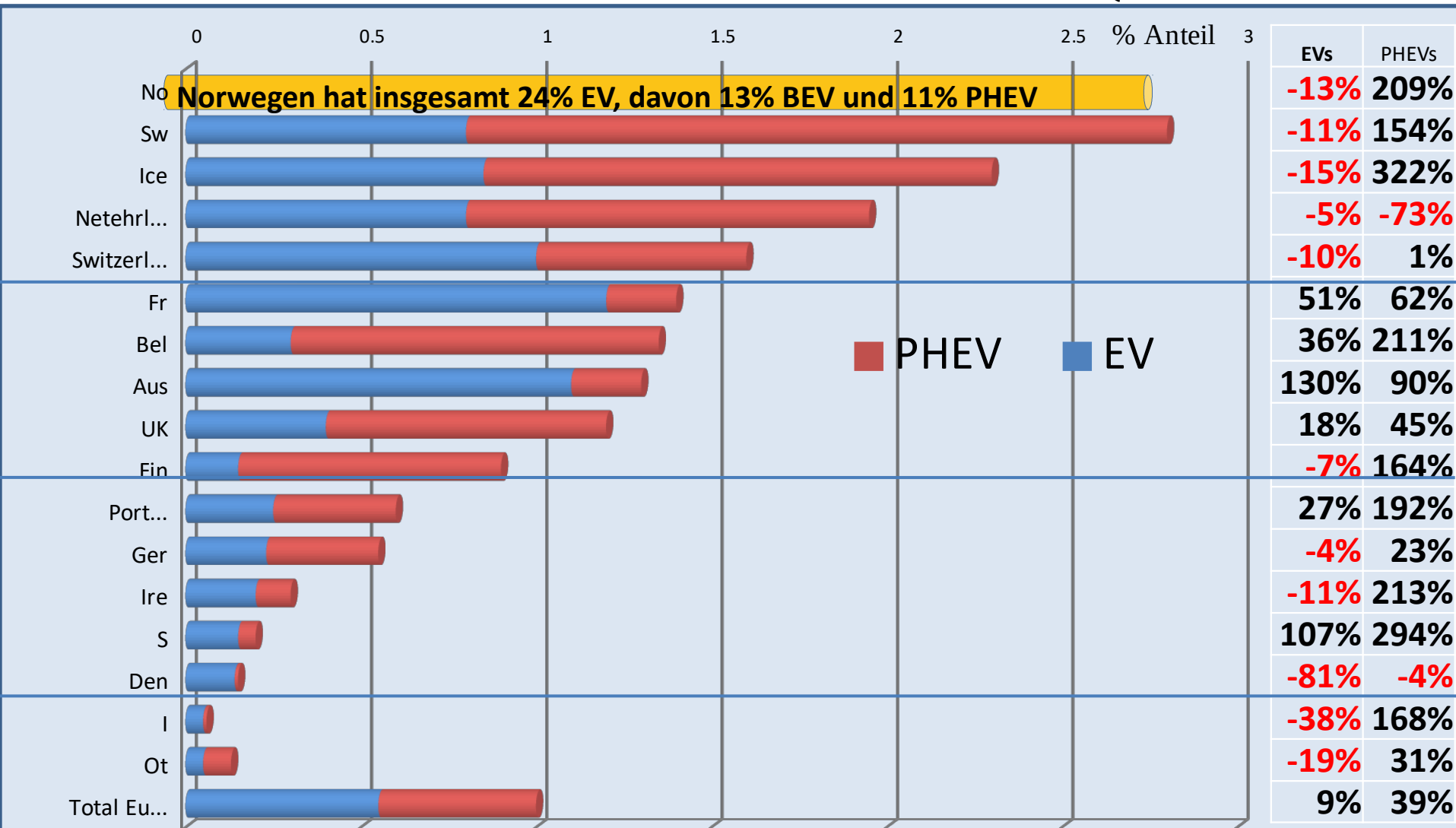
3.

**Ein Blick in die internationale
Entwicklung der Mobilität**

Verkaufszahlen BEV und PHEV

2015 ↔ 2016

Quelle. EVvolumes.com



Marktentwicklung BEV ↔ PHEV in Norwegen 2009 – 2016

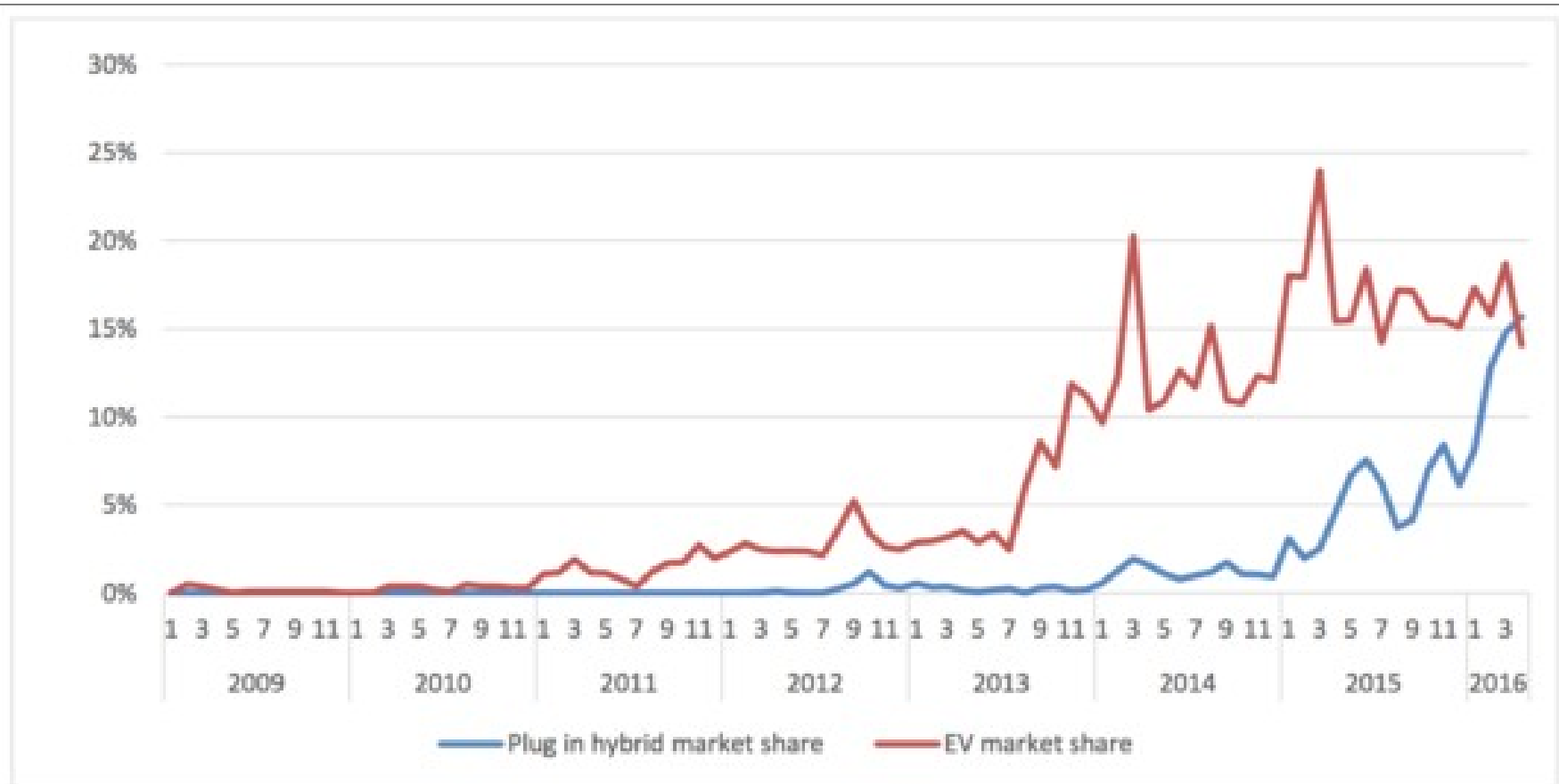


Figure 1.1 New vehicle market share BEVs and PHEVs, Norway 2009-2016. Source: OFVAS 2016. Norwegian PEV consumer survey, TØI 2016.

Wirtschaftsgipfel Davos 17.01.2017

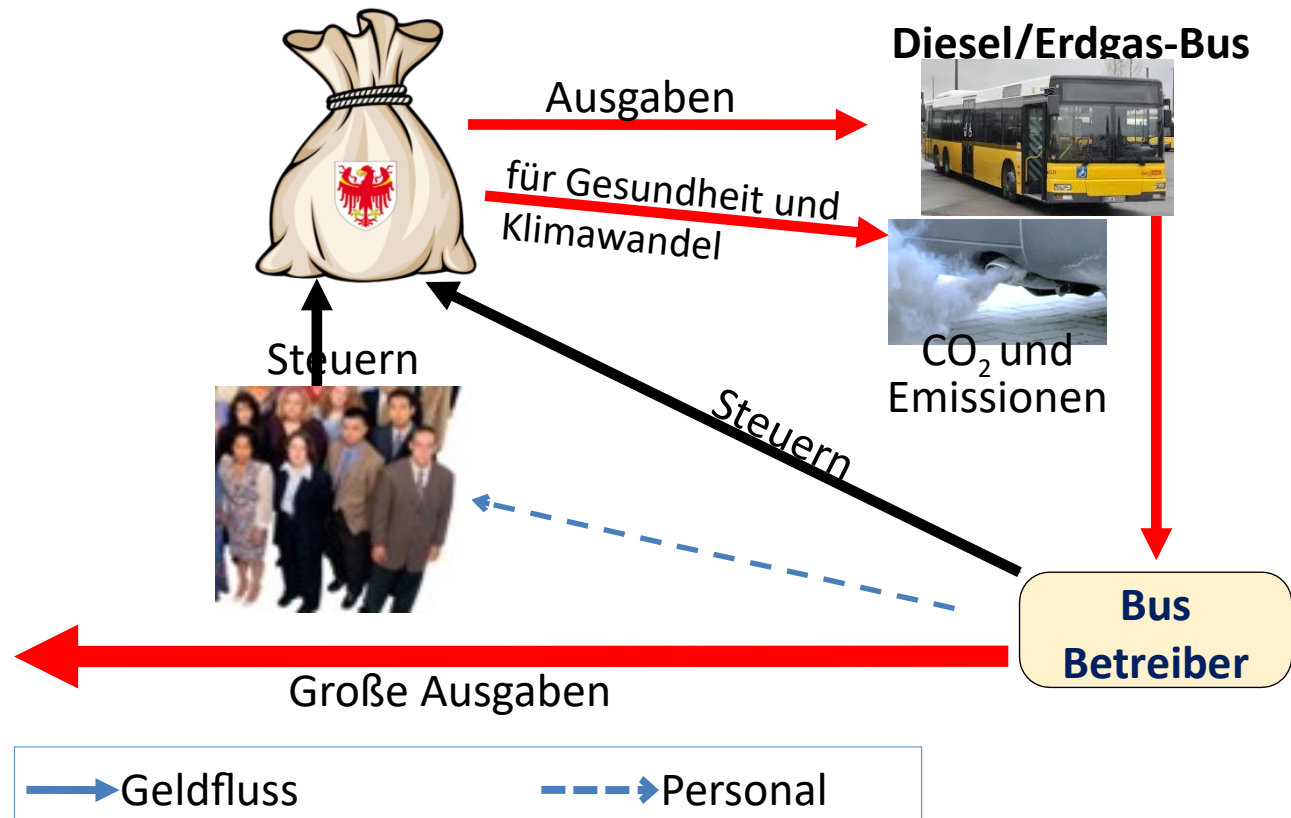
- Vorstellung des **‘Hydrogen Council‘**: 13 internationale Firmen : Air Liquide, Alstom, Anglo American, BMW GROUP, Daimler, ENGIE, Honda, Hyundai Motor, Kawasaki, Royal Dutch Shell, The Linde Group, Total und Toyota.
 - **«Wasserstoff ist der Hoffnungsträger für die Zukunft der Mobilität».**
- Befragung KPMG, P&W, E&Y von 1000 Managern weltweit:
 - 78 %: nur **FCH** können die Elektromobilität realisieren
 - 62 % glauben, das Hindernis für die reinen Batteriefahrzeuge sind die Ladestationen

4.

**Wie und wo kann
Südtirols Wirtschaft
davon profitieren ?**

Volkswirtschaftlicher Gesichtspunkt

Geldflüsse Diesel/Erdgas Bus



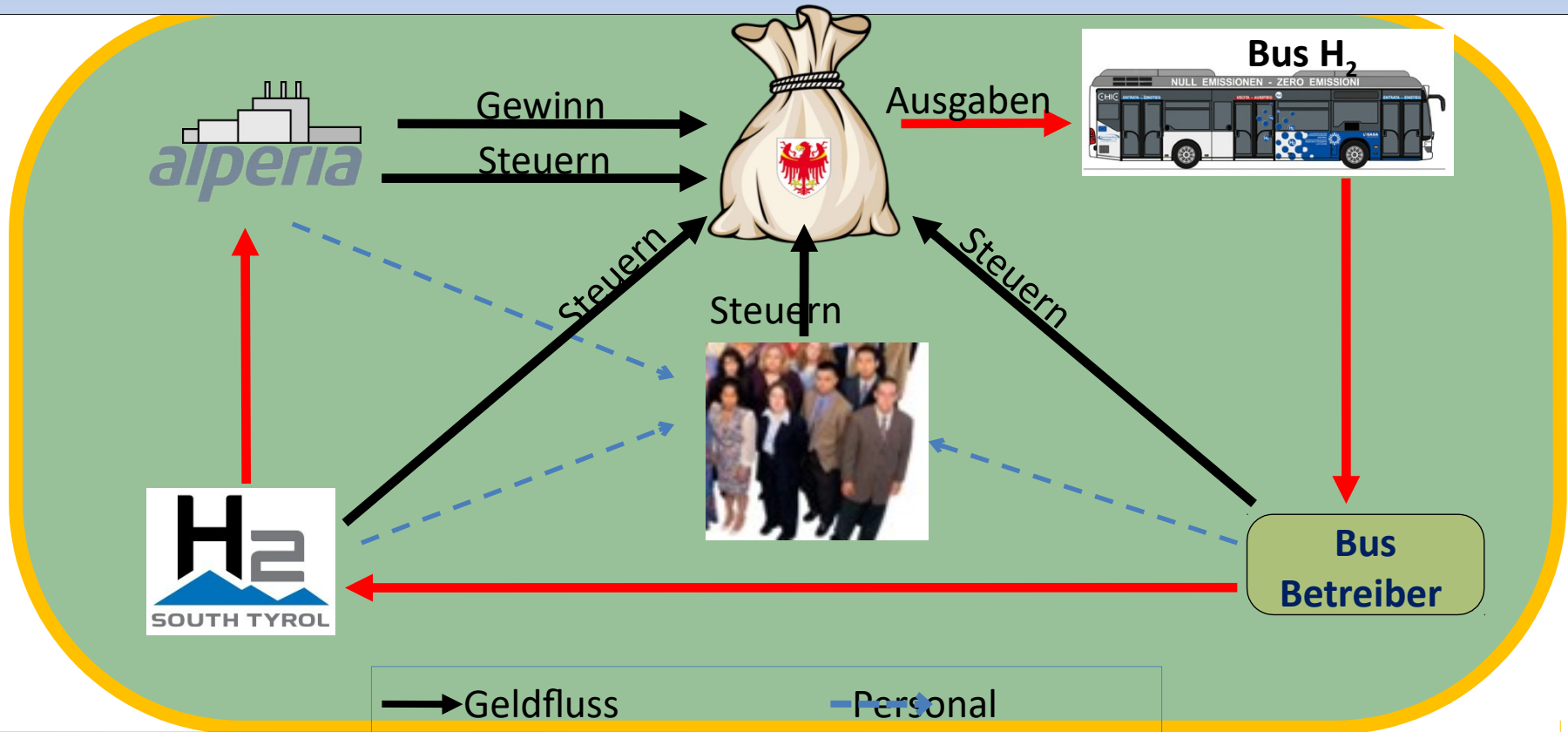
Kosten-Nutzen-Analyse

Kosten für Diesel/Erdgas: z.B. **€100**
€ 10 bleiben in Südtirol
€ 90 verlassen Südtirol/Italien

- **Kein Vorteil für Firmen und Haushalt in Südtirol**
- **Emissionen und Lärm für die Bevölkerung**
- **Zusätzliche Ausgaben (Gesundheit, Klimaveränderung, Haushalt, Flüchtlinge)**

Volkswirtschaftlicher Gesichtspunkt

Geldflüsse H₂ Bus



Kosten-Nutzen-Analyse

Kosten für H₂: z.B. € 100

€ 90 davon bleiben in Südtirol

€ 10 gehen an den Staat

- Keine Emissionen, keine Verschmutzung, kein Treibhausgas
- Beitrag zur Gesundheit und Lebensqualität der Bürger
- Stärkung der lokalen Wirtschaft + Innovation + Jobs
- Finanzierungshilfen der EU

H₂ Südtirol: 8 Jahre Erfahrung

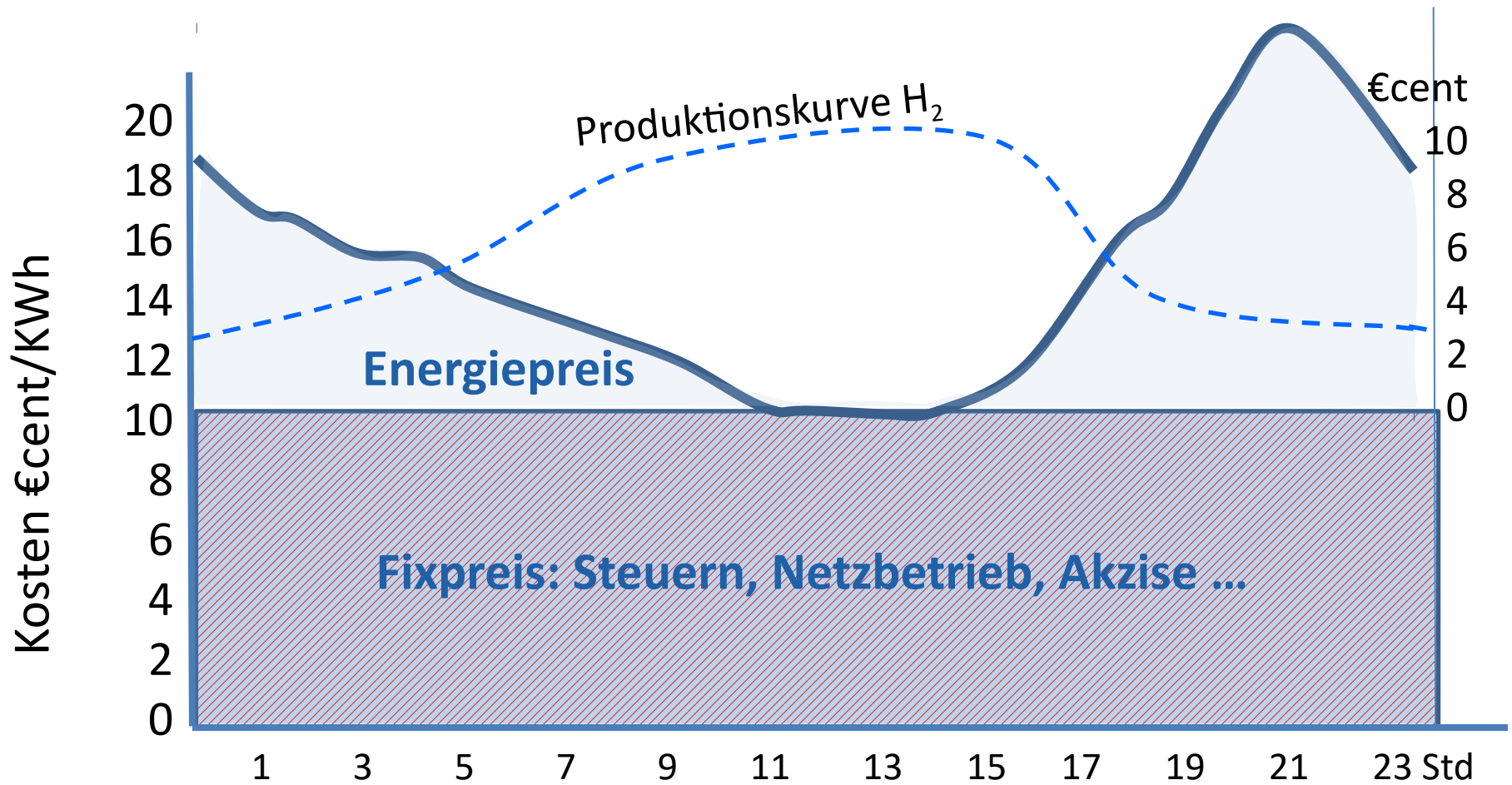
Entwicklung, initiiert und von IIT begleitet:

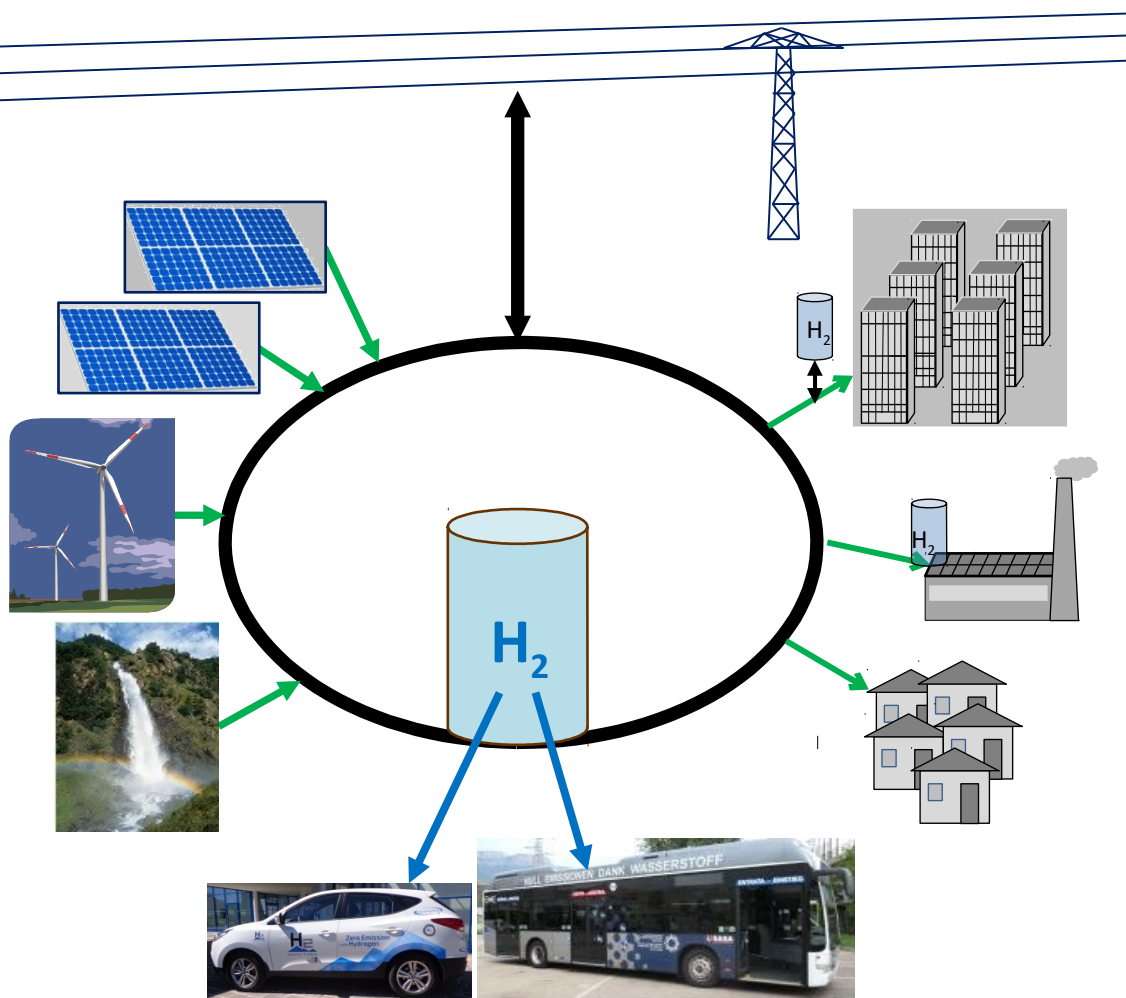
- Konstruktionselemente und Ersatzteil für FCEV (Röchling)
- E-Wicklungen für E-Motoren (Elektrisola)
- E-Radnabenmotoren (GKN driveline, Intercable)
- Metall-hydride mit niedriger H₂ Desorptionstemperatur mit besonders sicherer Speicherung für Einzelhäuser (GKN sintermetal)
- Spezielle elektronische Einheiten (Alpitronic)
- Online H₂-Reinheitsanalysen: 99,999999% (Ecoresearch, V&F)
- Schnelle Zertifizierung für Hochdrucktanks (Microtec)
- Netzstabilisierung des öffentlichen Stromnetzes mit H₂ (Alperia), ...
- R&D: Forschungs Institute, Firmen begleiten, Investoren ...

- **Know-how = internationaler Wettbewerb** ⇒ Ökonomie
- **Neue qualifizierte Jobs = soziales Befinden** ⇒ sozial verträgl.
- **Saubere Luft = Gesundheit, Tourismus, Klima** ⇒ Ökologie

5. Wasserstoff = Stromspeicher

Strompreise an der Börse: cent/KWh





H₂- als Speicher

- Erneuerbare Energien werden grundlastfähig
- Kleine Kreisläufe stärken die großen Kreisläufe
- Top-down ⇒ bottom-up
- Stabilisiert das Stromnetz, erhöht dessen Effizienz
- Stärkt die Unabhängigkeit
- keine neuen, teuren Überlandleitungen nötig
- Langzeitspeicherung wird möglich (Sommer-Winter)
- Lokale Wertschöpfung
- Umweltschonend
- Gesundheit, Klimaschutz

Erneuerbare Energiequellen
einspeisen, speichern, ausgleichen, verwenden bei Bedarf

Lokaler Röhrenspeicher für H₂



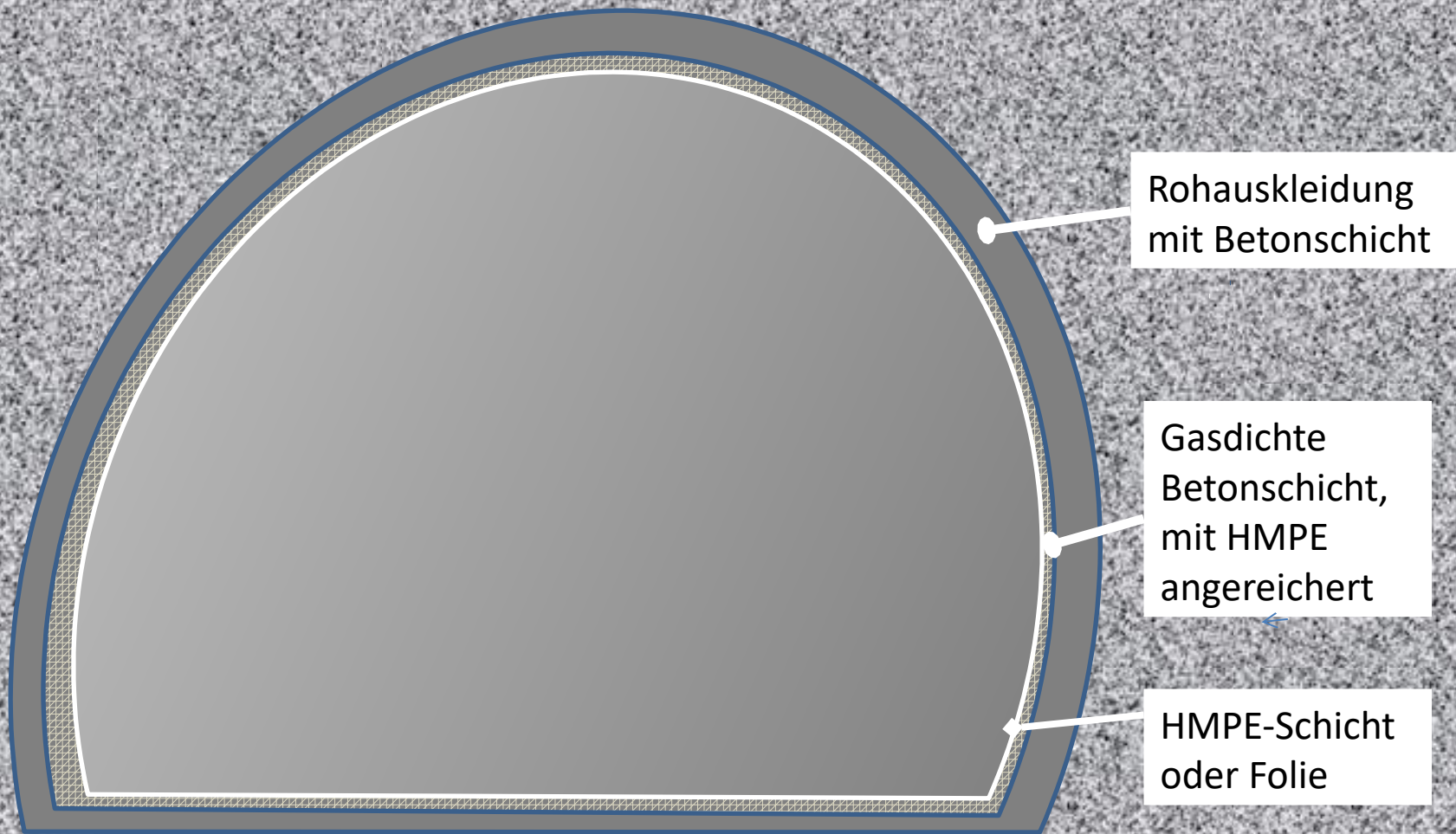
Kapazität der Anlage: 10.000 m³ Speicher, 1.500 – 2.000 m² Fläche;
bei Verstromung: 2-3 GWh

Lokaler Röhrenspeicher, mit Photovoltaik-Kraftwerk



Kapazität der Anlage: 10.000 m³ Speicher, 1.500 – 2.000 m² Fläche;
 bei Verstromung: 2-3 GWh

H₂-Kavernenspeicher, bis 500 bar H₂-gasdicht



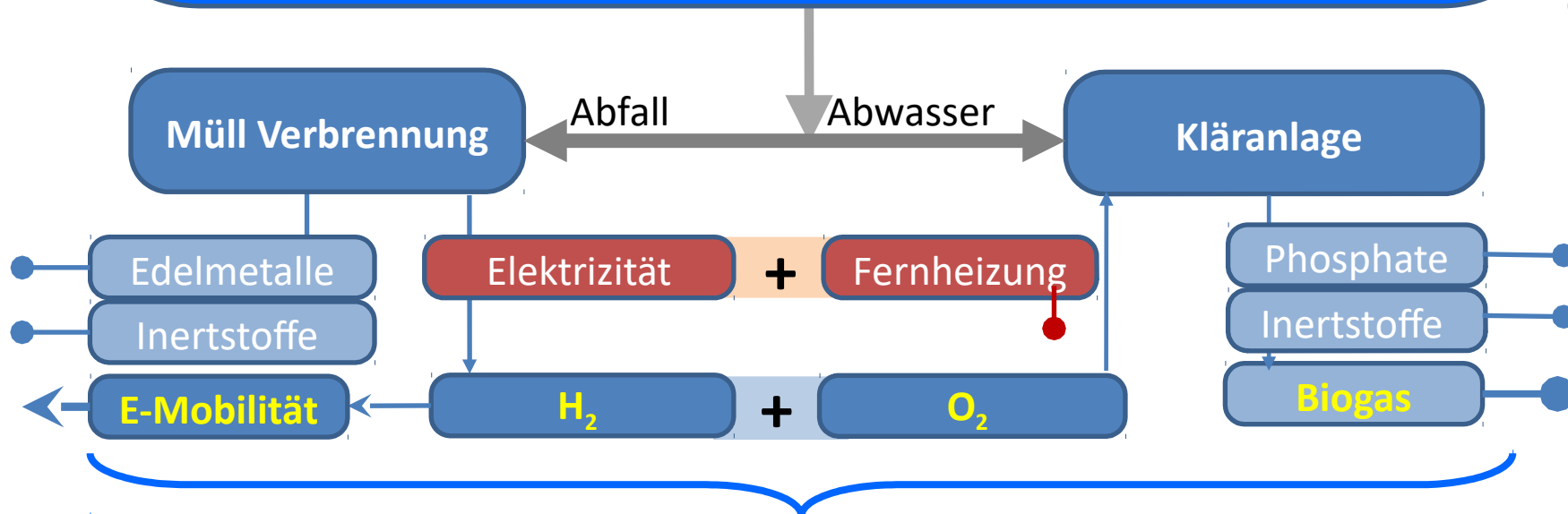
Die untere Betonschicht glättet die Unebenheiten des rohen Gesteins
 Die zweite Betonschicht ist durch entsprechende Zusätze gasdicht gemacht
 Die oberste Schicht besteht aus HMPE, oder PUR oder gasdichtem Harz

Bozen – Kreislaufwirtschaft

Der Südtiroler Bürger:

- Produziert Abfall: die Verbrennung produziert Strom für H₂-Elektrolyse
- Recycling von Schwer- und Edelmetallen aus den Schlacken
- Reststoffe werden vollständig inert = können überall verwendet werden
- Lokal produzierter H₂ für die E-Mobilität ohne toxische Emissionen
- Elektrolyse-O₂ für die Wasserklärung: Kostensenkung für Wasserklärung

Kreislaufwirtschaft ohne problematische Abfälle: Nutzen für Bürger



Effiziente Verwendung eigener Energieressourcen zur Kreislaufwirtschaft;
Nachhaltige Mobilität + niedrigere Kosten für Abfall und Abwasserbehandlung

6. Kosten einer neuen Technologie,

Technologischer Generationswechsel



Motorola Dynatac anno 1984:

- 1 Stunde Verfügbarkeit
- Preis: 5.225.-€
- 300.000 Käufer im ersten Jahr

Smartphones 2017

- Li-Ionenbatterien
- Preis ab 100 €
- >1,4 Mrd. im Jahr 2015

Technologischer Generationswechsel



TV Philips 1996:

- 10 cm Dicke
- 42" diagonal
- Preis: 15.000.-€

TV 2017

- 5cm Dicke
- 42" diagonal
- Preis: ab 200.- €

7.

Die Entwicklung der Automobil-Technologie

Die Erfolgsgeschichte des Autos, wie es begann:



Dr. Carl Benz

verf. im Jahre 1885 das erste Automobil der Welt
Gestorben am 18. November 1894 in Karlsruhe; gestorben am 4. April 1929



1885 baute Carl Benz das erste Benzinauto, den Benz Patent-Motorwagen Nummer 1, ein dreirädriges Fahrzeug mit Verbrennungsmotor und elektrischer Zündung

(Quelle: Wikipedia)

Das erste Demoprojekt der Mobilität



**August 1888: Bertha Benz mit beiden Söhnen fährt
von Mannheim nach Pforzheim, 106 km**



**August 1888: die erste H₂-Tankstelle:
Die Apotheke in Wiesloch**

Das erste Demoprojekt der Mobilität



Keine Straßen, 3 Unfälle, Bauern werfen Steine und rufen „Hexerei und Teufelszeug“ ...

„Das Auto hat keine Zukunft. Ich setze auf das Pferd“ sagte Kaiser Wilhelm II. in einem Mercedes-Simplex 17/22 PS des Jahres 1904

8. Ist Wasserstoff gefährlich?



Wasserstoff – Benzin

- Links mit Wasserstofftank, 700 bar, 4 undichte Stellen in der Leitung
- Rechts mit Benzin: 1,6 mm Leck in der Benzinleitung

Gleichzeitige Zündung bei beiden Autos



- Wasserstoffflamme schießt mit 700 bar in die Luft, geringe Wärmeabstrahlung
- Die Benzindämpfe verbreiten sich unter dem Auto, sind schwerer als Luft

nach 3 Sekunden



- Wasserstoffflamme wird kleiner, ist zum Teil schon verbrannt
- Benzinfeuer breitet sich aus, ergreift den Innenraum, große Hitzeentwicklung

nach 60 Sekunden



- Wasserstoff ist fast vollständig verbrannt, keine Schäden am Auto erkennbar
- Benzinfeuer hat das gesamte Auto erfasst, auch Innenraum in Flammen

nach 90 Sekunden

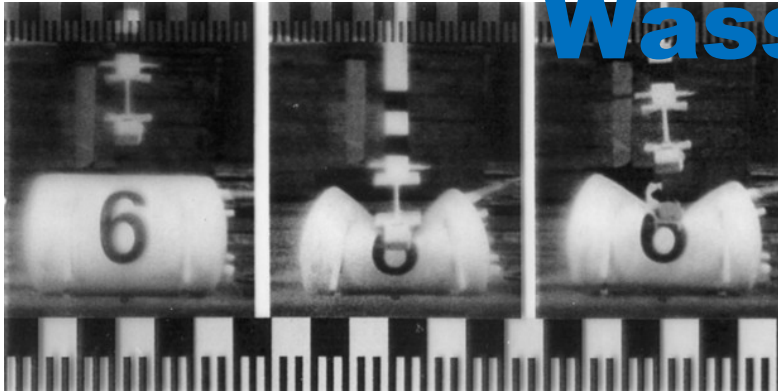


- Wasserstoff ist vollständig verbrannt, das Auto intakt, kaum beschädigt
- Benzinbrand: das Glas zerbricht, sämtliche Kunststoffteile brennen, das Auto brennt vollständig aus



nach 140 Sekunden

Test Druckbehälter für Wasserstoff:



Wall thickness: 350 bar/700 bar

Fuel Cell Vehicle Tests		
Crashworthiness Evaluation		
Test Item	Simulation	Vehicle Test
Sled Impact Test	54kph	Before: He gas, 30bar No Leak Check the deformation of H ₂ storage and delivery system 54kph (40 G)
Side Impact Test (FMVSS 305)	33.5 MPH	Before: He gas, 10bar No Leak Check the deformation of H ₂ storage and delivery system. Check the H ₂ tank burst pressure. 54kph
Rear Crash Test (FMVSS 301)	30 MPH	Before: He gas, 30bar After: He gas, 350bar No Leak in the H ₂ storage and delivery system

Warum geht es so langsam ?

- Viel Unwissenheit der potentiellen Nutzer: Informationsmangel !
- Die Medien reden fast nur von Batteriefahrzeugen
- Die Technologie ist anwendungsreif, überaus anpassungsfähig
- Es gibt Befürworter und Bremser
- Angst der potentiellen Nutzer: Sicherheit H₂
- Angst der Autohersteller vor Batterieautos (vor Tesla)
- Westliche Autohersteller blockieren die Entwicklung
- Ablenkung durch selbstfahrende Autos (lösen nicht Verkehrsprobleme)
- Dornröschenschlaf der westlichen Fahrzeughersteller, aber die fernöstlichen Länder sind sehr aktiv
- Noch keine profitablen Anwendungen in Sicht:
 - Entwicklung ist von der Politik nicht strategisch definiert
 - Fehlendes Erkennen der vielfältigen Anwendungspotentiale und der positiven Nebeneffekte





**Danke für die Aufmerksamkeit
Walter Huber**