Empa
Materials Science and Technology

Erste 70 MPa H_2-Tankstellen in der CH
Projektabschluss

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE

H2energy

HYUNDAI

Abschlussveranstaltung
26.06.2019

Urs Cabalzar
Empa, Abt. Fahrzeugantriebssysteme

Projektgrundlagen

Empa
Materials Science and Technology

- *Ausgangslage bei Projektstart 2015 (Dauer: 4 Jahre)*
  - keine H_2-Tankstellen für Brennstoffzellen-Personenwagen in der Schweiz
  - 2013: erste Serienfertigung eines Brennstoffzellen-Fahrzeugs (Hyundai ix 35 FCEV)
  - 2015: erste Immatrikulationen von H_2-Serienfahrzeugen in der Schweiz

- *Ziele in fünf Arbeitspakete gegliedert:*

Teil I		Teil II	Teil I	
1 Realisierung 70 MPa H_2-Tankstelle an der Empa	2 Realisierung 35/70 MPa H_2-Tankstelle in Hunzenschwil	3 Klärung rechtlicher Fragen zu Errichtung und Betrieb von H_2-Tankstellen	4 Monitoring Anlagenbetrieb	5 Betrieb und Monitoring Brennstoffzellen-Fahrzeuge

Empa
Materials Science and Technology

Teil I

Aufbau H_2-Tankstellen

Empa
Materials Science and Technology

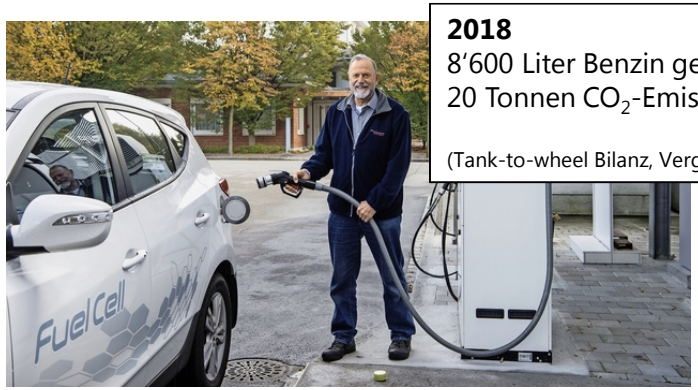
Empa

Hunzenschwil

Quelle: H2 Energy

Inbetriebnahme H_2-Tankstellen (Ende 2016)

Empa
Materials Science and Technology



2018
8'600 Liter Benzin gespart
20 Tonnen CO_2-Emissionen verhindert

(Tank-to-wheel Bilanz, Vergleich ix35 H_2 & Benzin)

2018
21'500 Liter Benzin gespart
50 Tonnen CO_2-Emissionen verhindert

(Tank-to-wheel Bilanz, Vergleich ix35 H_2 & Benzin)

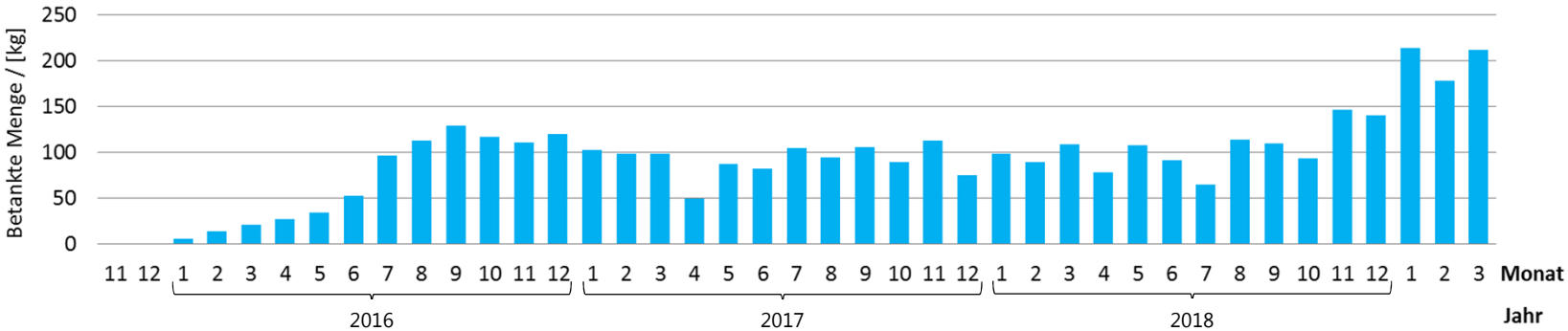
Quelle: Tagesanzeiger

Fokus: technisch-wissenschaftliche Untersuchungen

Herkunft H2	lokal produziert (PV, Wasserkraft)
Nutzer	25 Badgehalter (Garagen, Firmen, Private)
Anz. Betankungen	ca. 3
H2-Umsatz	ca. 10 kg/Tag (aktuell)

Fokus: Kostenoptimierung & wirtschaftlicher Betrieb

Herkunft H2	angeliefert (Wasserkraft)
Nutzer	>40 PW, 1 LkW

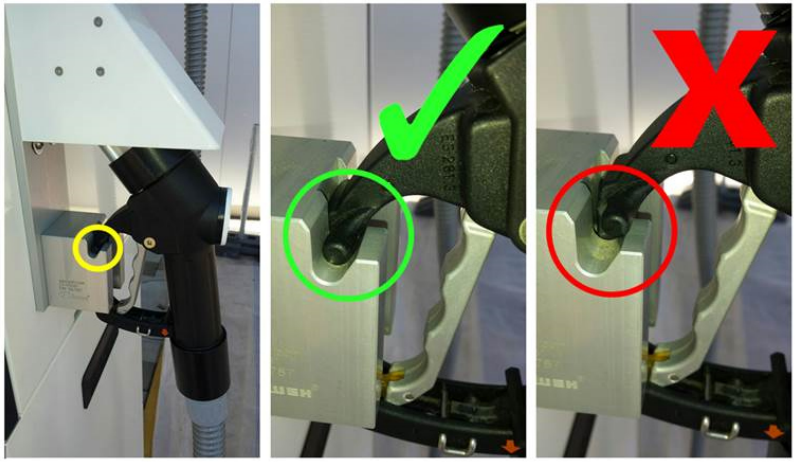


Verbesserung der Tankstellenverfügbarkeit

Empa
Materials Science and Technology

Störungen im Zusammenhang mit Tankstellennutzer

Kontaktschalter blieb unbetätigt



Zapfpistole fiel zu Boden

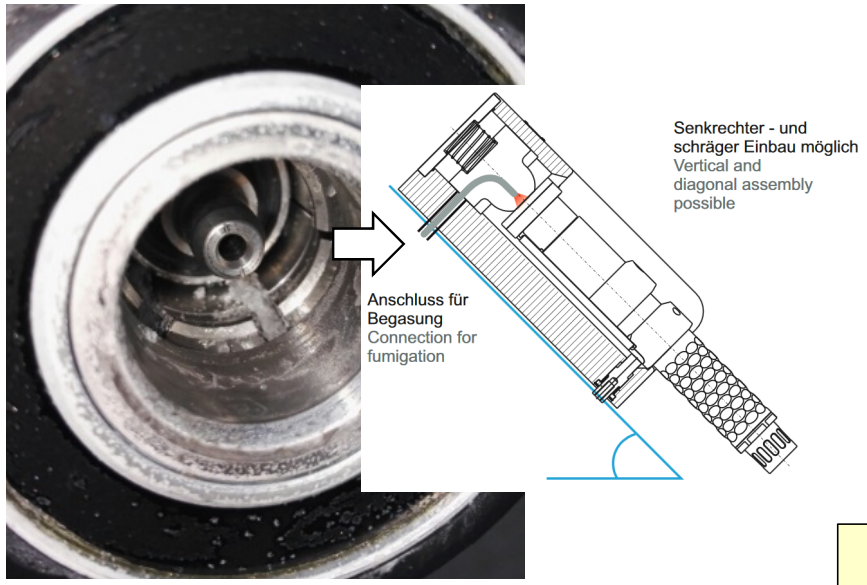
Not-Aus grundlos betätigt

Verbesserung der Tankstellenverfügbarkeit

Empa
Materials Science and Technology

Störungen im Zusammenhang mit der Anlage

Festfrieren der Zapfpistole



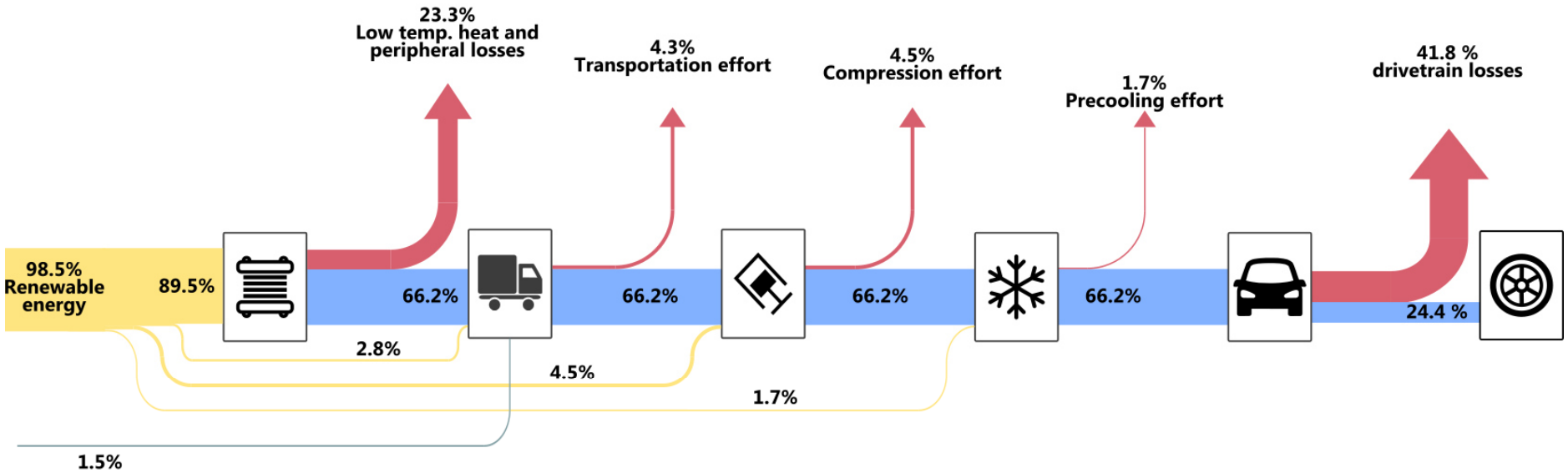
Ausfälle von Drucksensoren

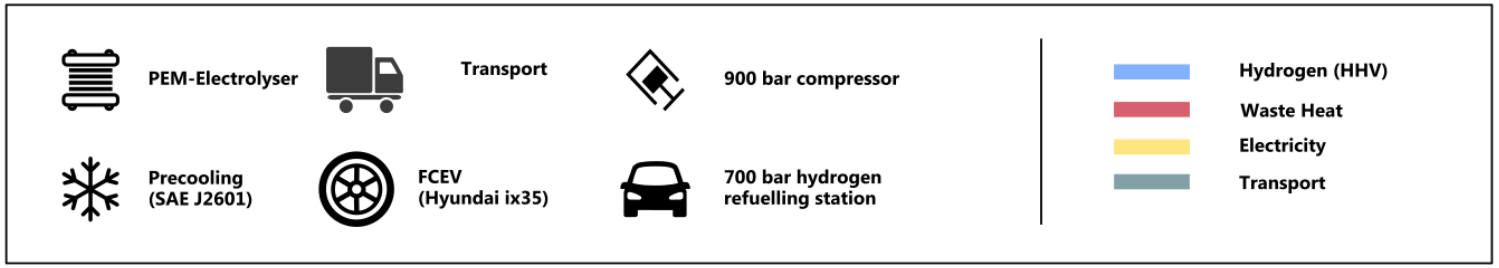
Ausfälle von Temparatursensoren

ABER:
Kaum Probleme mit Hauptkomponenten

Sankey-Diagramm H_2-Pfad

Empa
Materials Science and Technology



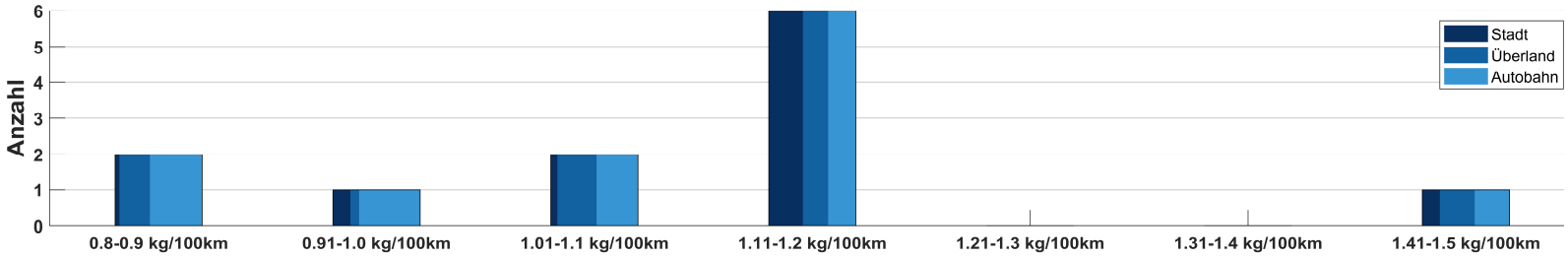


Basis:
Eigene Messungen
Herstellerangaben (geprüft)
Literaturdaten

Brennstoffzellen-Fahrzeug

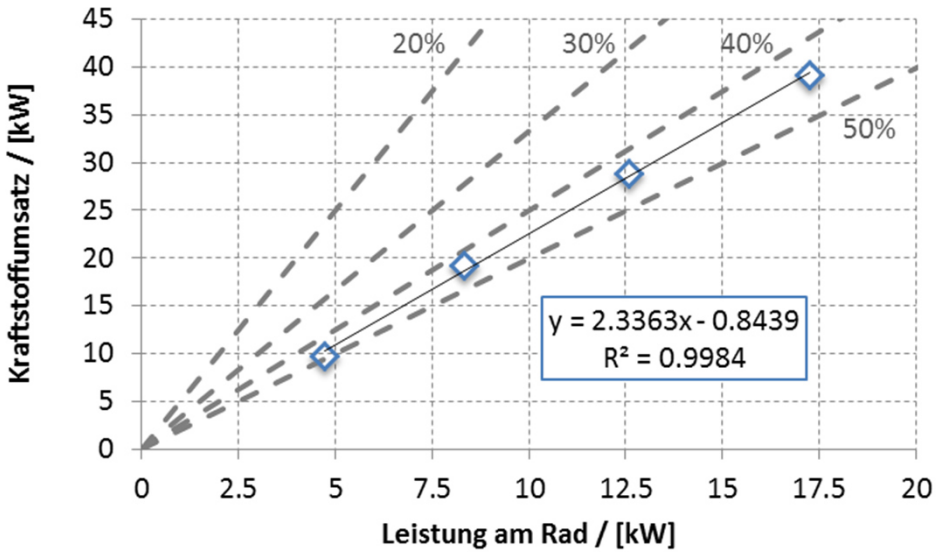
Empa
Materials Science and Technology

- Verbrauch gemäss Umfrage (15 Teilnehmer)



- Verbrauch gemäss eigenen Messungen

Datenquelle	Kraftstoffverbrauch [kg/100km]
Hersteller (NEDC)	0.95
Prüfstandsmessungen (WLTC)	1.24
Monitoring Hyundai Empa	1.20



- Verbrauch ist abhängig von BZ-Temperatur
  Kaltstart von 0°C -> Verbrauchserhöhung im WLTC um gut 15%
  (weitere Messungen nötig)

Empa
Materials Science and Technology

Teil II

Leitfaden

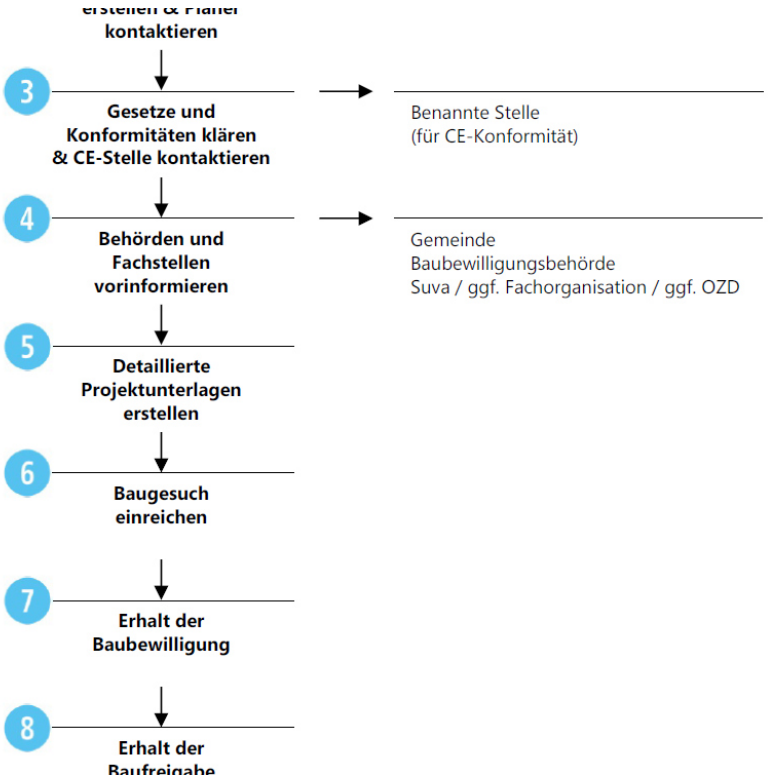
- *Ausgangslage:*
  Unsicherheiten Tankstellenbauer & Behörden beim Genehmigungsprozess von H_2-Tankstellen

- *Ziel:*
  Übersichtliche Schritt-für-Schritt Anleitung auf Basis der gesammelten Erkenntnisse
  («Genehmigungsleitfaden für Wasserstoff-Stationen» von NOW als Vorlage)

Leitfaden

Empa
Materials Science and Technology

Übersicht



Schritte

10 Anmeldung der Druckbehälter

Meldepflichtige Druckgeräte:

- Druckbehälter mit einem Konzessionsdruck grösser als 2 bar
- und dem Produkt aus Druck und Inhalt (bar × Liter) grösser als 3000

Das Meldeformular für Druckgeräte finden Sie auf der Internetseite der Suva:

https://www.suva.ch/de-CH/material/tools-tests/meldeformular-inbetriebnahme-eines-druckgeraetes/

Anhang

Relevante Schweizer Normen, Richtlinien und Merkblätter

Explosionsschutz & Brandschutz

- Suva-Merkblatt 2153, Explosionsschutz – Grundsätze, Mindestvorschriften, Zonen (Umsetzung der EU-Richtlinie 1999/92/EG bzw. ATEX 137 und Konkretisierung der Verordnung SR 832.30)
- Suva-Merkblatt 66122, Gasflaschen – Lager, Rampen, Gasverteilsysteme (Umsetzung der Gesetze SR 930.11 und SR 832.20)
- Brandschutzvorschriften VKF
  - a Brandschutznorm
  - b Brandschutzrichtlinien

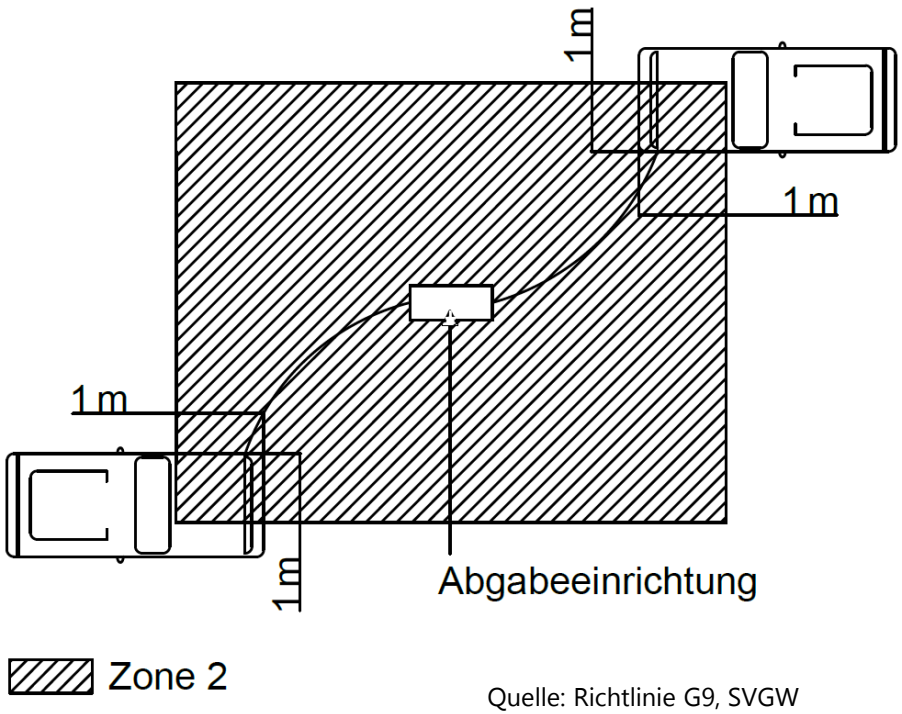
Ex-Zone

- *Ausgangslage:*
  Derzeit gilt: Schlauchlänge + 1 m = Ex-Zone 2
  -> Integration von H_2-Zapfsäulen in konventionelle Tankstellen nur mit kostspieligen Anpassungen möglich

- *Ziel:*
  Reduktion der Ex-Zone unter Beibehaltung maximaler Sicherheit

suva

Aus Suva Merkblatt 2153.d:
«Die untere Grenze für die gefährliche Menge einer explosionsfähigen Atmosphäre ist auf 10 Liter als zusammenhängende Menge festgelegt.»

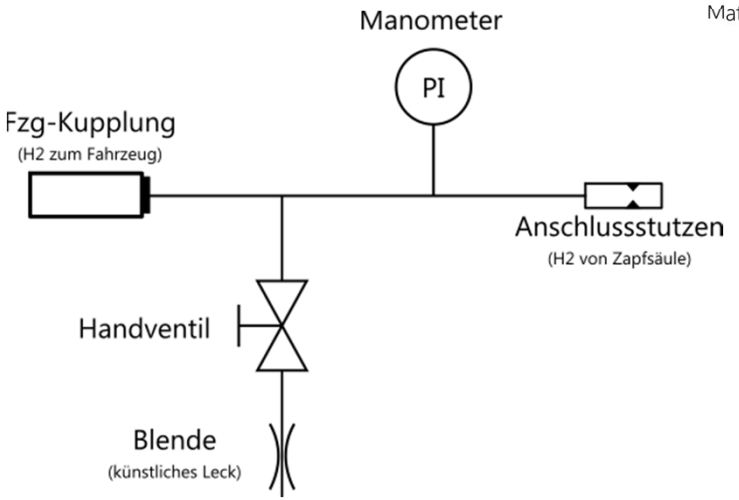


Quelle: Richtlinie G9, SVGW

Ex-Zone

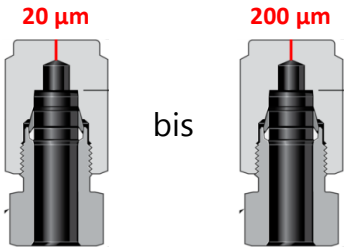
Zu klärende Fragen

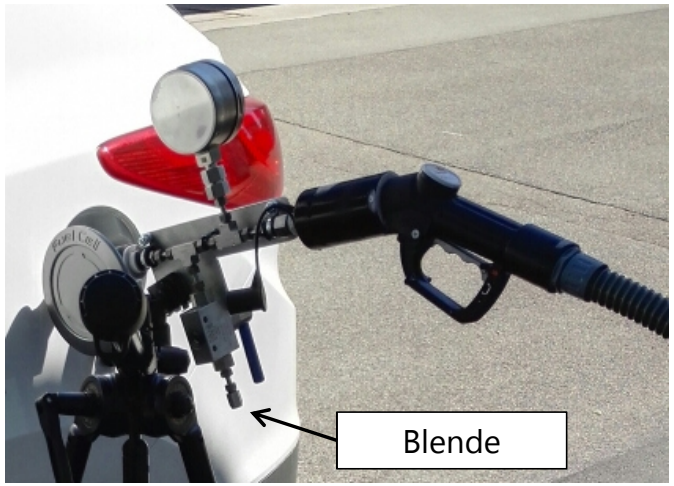
- Welche Leckgrösse kann erkannt werden?
- Ist Lecktest zuverlässig?



$$C_m = \begin{cases} \sqrt{\frac{2}{1-\gamma_s} \cdot \frac{\rho_{up} \cdot T_{up}}{p_{up}}} \cdot \sqrt{\left(\frac{p_{dn}}{p_{up}}\right)^{2\gamma_s} - \left(\frac{p_{dn}}{p_{up}}\right)^{1+\gamma_s}} & \text{if } \frac{p_{dn}}{p_{up}} > p_{cr} \quad \text{(subsonic)} \\ \sqrt{\frac{2\gamma_s}{1+\gamma_s} \cdot \frac{\rho_{up} \cdot T_{up}}{p_{up}}} \cdot \left(\frac{2\gamma_s}{\gamma_s+1}\right)^{\frac{\gamma_s}{1-\gamma_s}} & \text{if } \frac{p_{dn}}{p_{up}} \leq p_{cr} \quad \text{(sonic)} \end{cases}$$

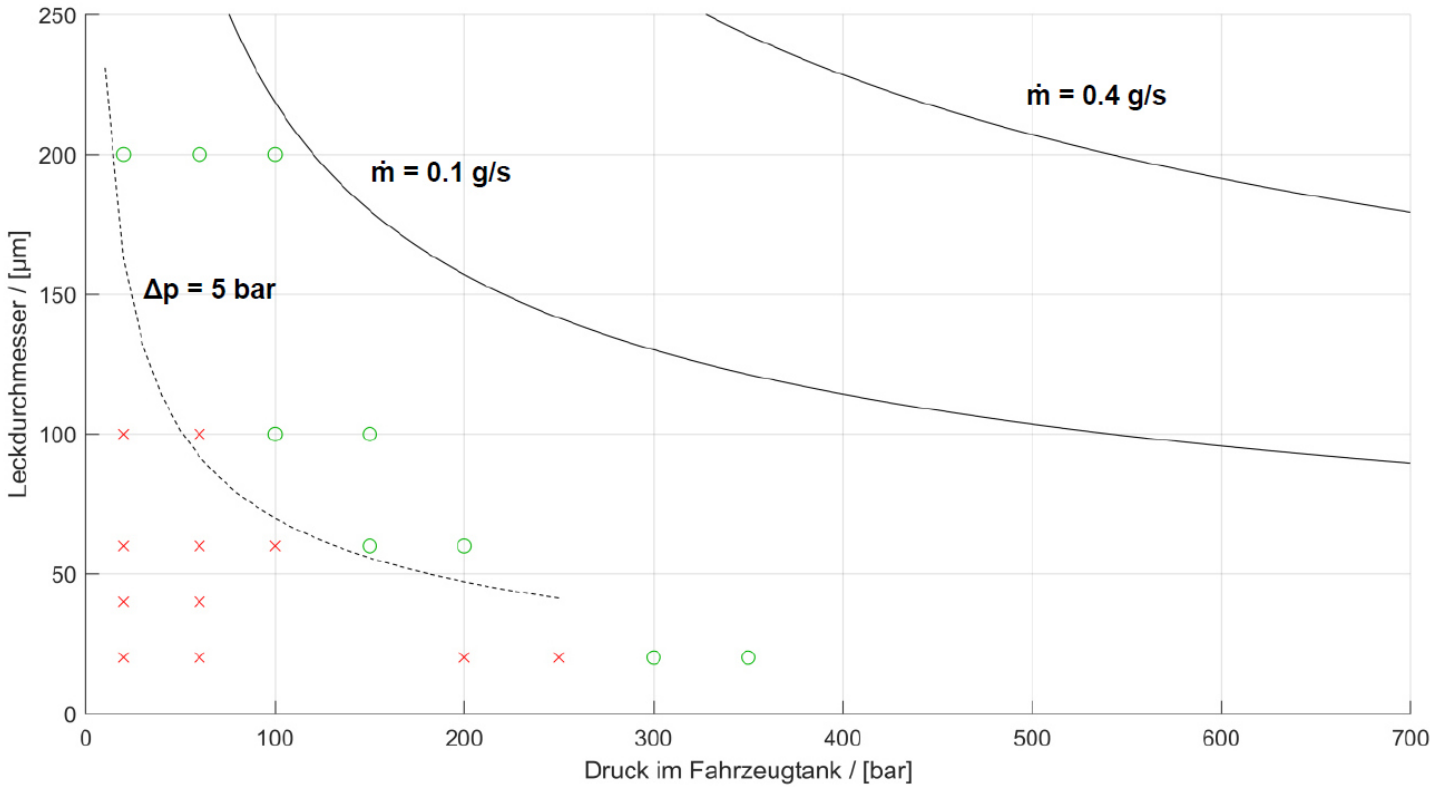
$$dm = A \cdot C_q \cdot C_m \cdot \frac{p_{up}}{\sqrt{T_{up}}}$$





Ex-Zone

Messresultate



- Kritischer Leckquerschnitt: **160 µm**
- Führt zu 0.3 g/s bei 700 bar
- Wird erkannt bei 20 bar

Es konnte gezeigt werden:
Lecktest funktioniert zuverlässig

Ex-Zone

Empa
Materials Science and Technology

Suva:
Es kann auf die Festlegung einer Ex-Zone für den Betankungsvorgang mit Wasserstoff verzichtet werden, da auch im Falle eines Leckes, z.B. bei fehlendem oder defektem Dichtungsring, die Freisetzungsrate an Wasserstoff zu keiner gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre führt.

Noch in Konsultation bei der Suva

Der Verzicht auf eine Ex-Zone gilt unter den nachfolgenden Voraussetzungen:

- Das System Zapfsäule – Betankung – Tank entspricht den Vorgaben des SAE J2601 Protokolls
- Für die Dichtheitsprüfung entsprechen die Parameter der Zapfsäule der folgenden Korrelation:

$$\frac{\Delta p\ V}{\Delta t} \leq 14\ \frac{\mathrm{Pa\ m^3}}{\mathrm{s}}$$

Δp	Differenz Druckmessung 1 zu 2
V	Entlüftetes Volumen (Leitungsvolumen zw. Tankventil und Zapfkupplung)
Δt	Wartezeit 2 vor Druckmessung 2

Unter Einhaltung dieser Voraussetzung ist die Aufstellung einer H_2-Zapfsäule ohne Ex-Zone möglich

Rückführbarkeit

Empa
Materials Science and Technology

- *Ausgangslage:*
  - max. Fehler bei Massemessung ±2% (OIML R 139-1)
  - Herausforderung für Massenstromsensoren
  - Rückführbarkeit nicht gegeben -> Eichverfahren noch nicht entwickelt

- *Ziel:*
  Aufbau einer Eichvorrichtung und Durchführung erster Messungen

METAS

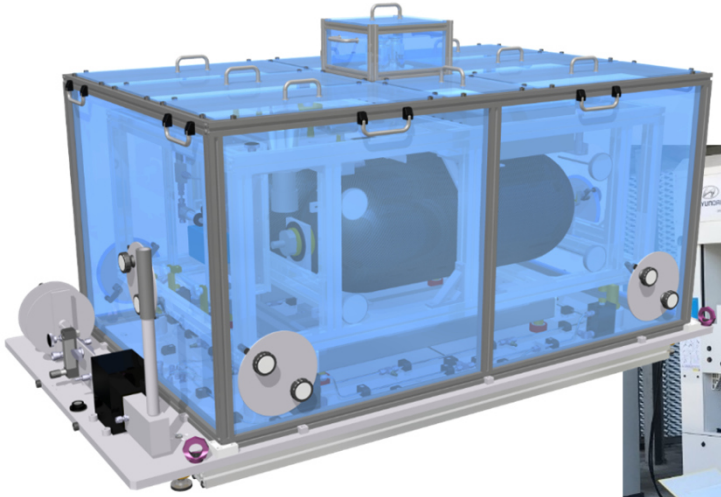
Rückführbarkeit

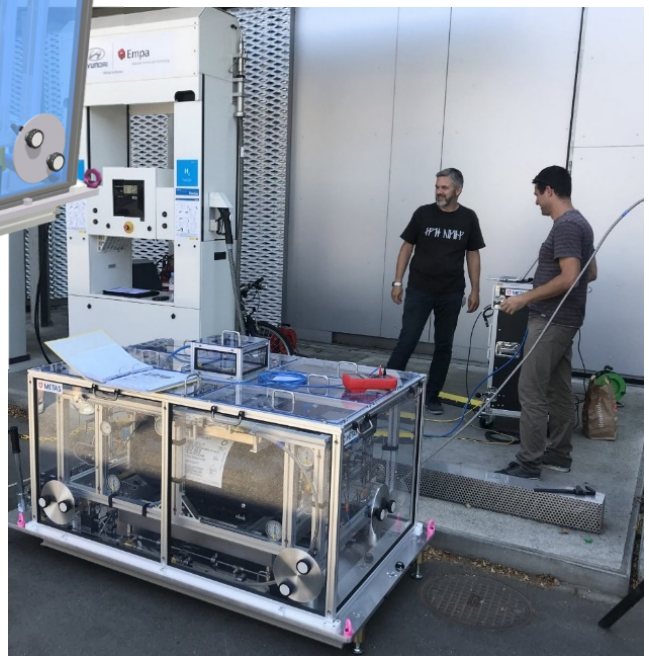
Empa
Materials Science and Technology

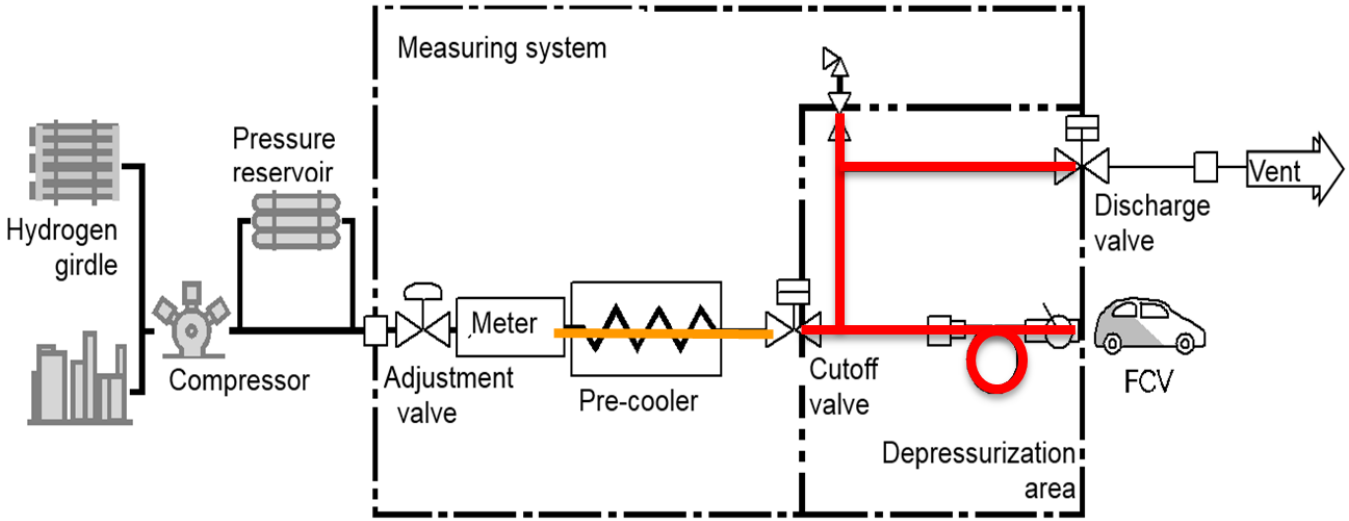
Eichvorrichtung von METAS

Herausforderungen aufgrund niedriger Masse:

- Windverhältnisse
- Eisbildung auf Leitungen & Armaturen
- Volumenausdehnung Behälter (Auftrieb)
- **Tankstellenseitige Unsicherheitsquellen**





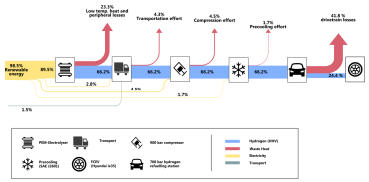


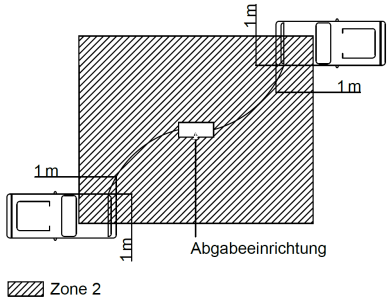
EU-Projekt MetroHyVe

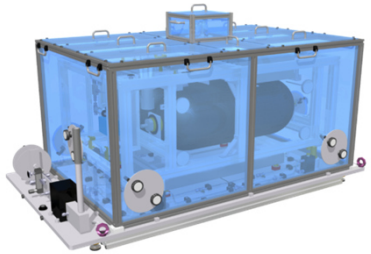
METROLOGY for HYDROGEN VEHICLES

Herzlichen Dank!

Empa
Materials Science and Technology







Projektpartner

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE

H2energy

HYUNDAI

Mitwirkende, Empa

Brigitte Buchmann
Christian Bach
Patrick Stadelmann
Stefan Hiltbrand
Thomas Bütler