



Energy, everywhere.

H2-Einspeisung

Anforderungen an Rohrleitungsnetze

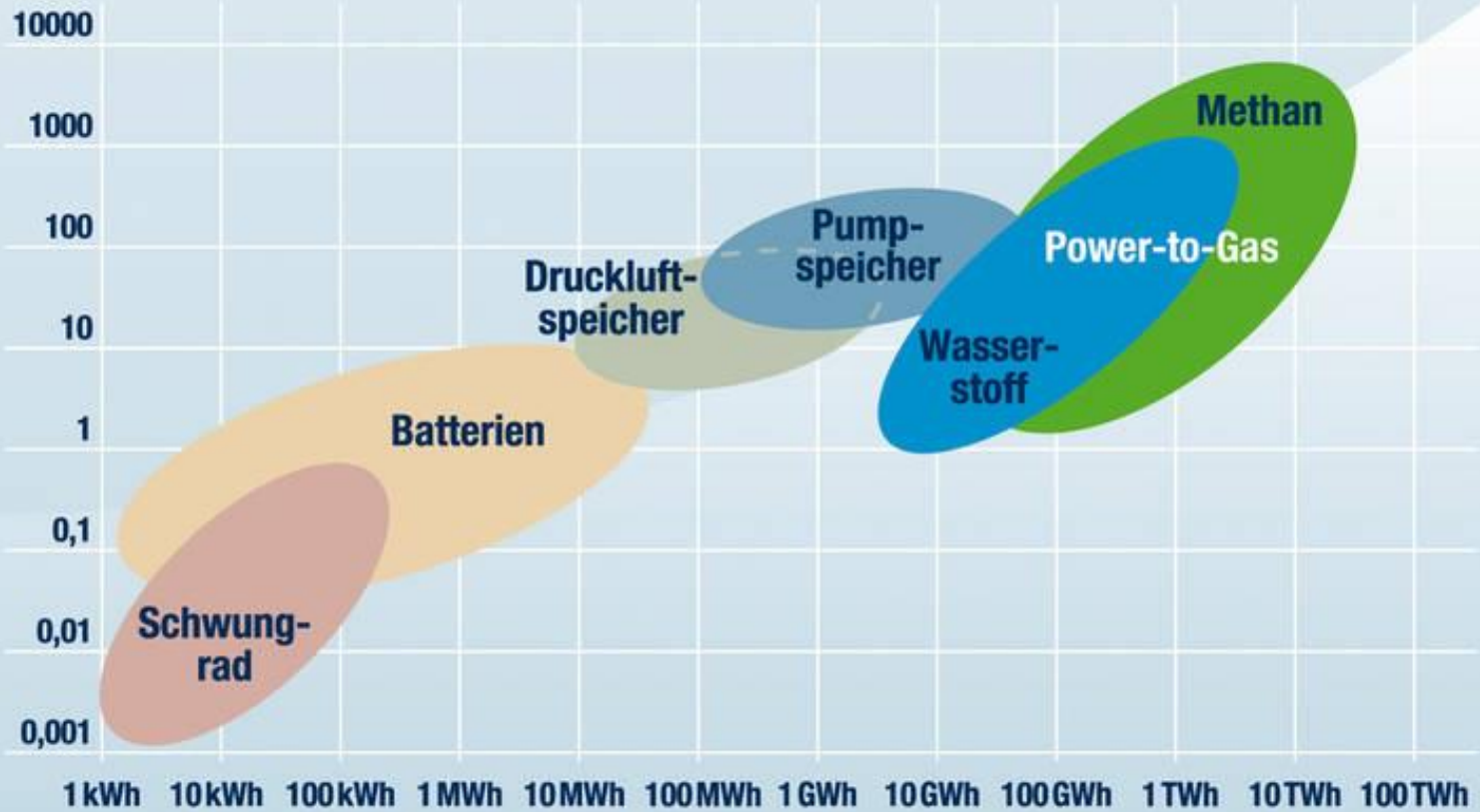
Harmonisierungsanforderungen

HyLAW National Workshop, Linz

6. November 2018

Speichertechnologien im Vergleich

Gasnetz hat die größten Speicherkapazitäten in Deutschland



© Mit Gas-Innovationen in die Zukunft! DVGW 2011

Wind2hydrogen

Forschungsprojekt Eckdaten



Projektlaufzeit: 01/2014 – 12/2016
Verlängerung bis 12/2017

Gesamtbudget: ~ 2.8 Mill. EUR

Dynamischer Betrieb entsprechend Windlastprofilen

Betriebsstunden (12 modules) 40.365 h
Betriebsstunden (Gesamtanlage) 4.483 h

Insgesamt wurden **4.608 kg / ~51.200 Nm³ grüner Wasserstoff** ins Erdgasnetz eingespeist



Gefördert im Rahmen von e!Mission.at (4th Call)



Warte
Steuer & Regelkonzepte
Lastprofile

PEM Elektrolyseur
100 kW – 12 Module
163 bar - 14 Nm³ H₂

Gaskonditionierung
Mischstrecke 1-10% H₂
H₂ Puffer & Abfüllung

Konsortialführung & Projektmanagement



- Simulation von Netzbetriebsweisen
- Entwicklung eines Hochdruck-H₂-Elektrolyseurs (weltweit einzigartige Elektrolysetechnologie)
- Abfüllung dynamisch fluktuierender Wasserstoffproduktion
- Einspeisung und Speicherung von Wasserstoff in das Erdgasnetz
- Vorbereitung für ein Rollout und wirtschaftliche Bewertung

Teilschwerpunkt - H2 im Erdgasnetz

- Zusammenführung des Wissenstandes aus verschiedenen Veröffentlichungen (Projektberichte, Zeitschriften, Normen, Gesetze,...) zu diesem Thema
- Besonderes Augenmerk auf:
 - Änderung von Gaskennzahlen
 - Toleranz des Erdgas(fern)leitungsnetzes (Kapazitäten, Werkstoffe) gegenüber Wasserstoff 10-20 Vol-%
 - Sicherheitsaspekte
 - Gasanwendungen

In Zusammenarbeit mit Montanuniversität Leoben (Lehrstuhl für Verfahrenstechnik des Industriellen Umweltschutzes)





Änderung von Gaskennzahlen

Gaskennzahlen

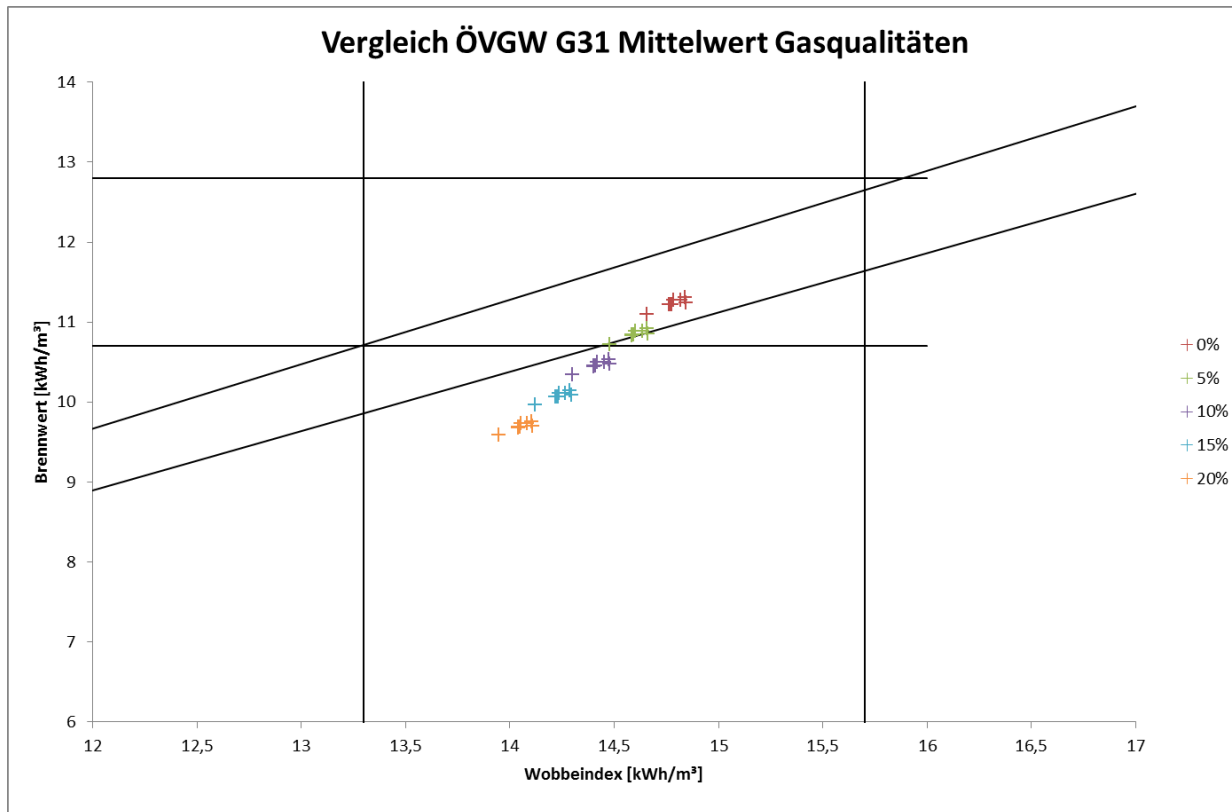
Erdgas Russland H						
Bestandteil		[1]	Berechnet mit ISO 6976			
Methan	Vol-%	97,790	92,901	88,011	83,122	78,232
Stickstoff	Vol-%	0,820	0,779	0,738	0,697	0,656
Kohlenstoffdioxid	Vol%	0,090	0,086	0,081	0,077	0,072
Ethan	Vol-%	0,880	0,836	0,792	0,748	0,704
Propan	Vol-%	0,290	0,276	0,261	0,247	0,232
n-Butan	Vol-%	0,100	0,095	0,090	0,085	0,080
n-Pentan	Vol-%	0,020	0,019	0,018	0,017	0,016
n-Hexan	Vol-%	0,010	0,010	0,009	0,009	0,008
Wasserstoff	Vol-%	0	5	10	15	20
Summe	Vol-%	100	100	100	100	100
Brennwert	[kWh/m ³]	11,16	10,77	10,39 ¹⁾	10,01 ¹⁾	9,63 ¹⁾
Dichte reales Gas	[kg/m ³]	0,74	0,70	0,67	0,64	0,61
relative Dichte reales Gas	[-]	0,57	0,54 ¹⁾	0,52 ¹⁾	0,49 ¹⁾	0,47 ¹⁾
Wobbe Index reales Gas	[MJ/m ³]	53,25	52,60	51,95	51,30	50,64
Wobbe Index reales Gas	[kWh/m ³]	14,79	14,61	14,43	14,25	14,07

Berechnungen bei 0°C und 1,01325 bar ISO 6976

1) Kennwerte entsprechen nicht mehr ÖVGW G31

- Ändern sich stark bei Wasserstoffzumischung, sodass sie außerhalb der Richtlinien liegen können

Veränderung Brennwert / Wobbeindex



- Bereits bei einer Zumischung von 5 Vol-% H2 könnte ggf. nicht mehr der ÖVGW RL G31 entsprochen werden
- Änderung des Grundgases hat größeren Einfluss als H2-Zumischung



Gastransport

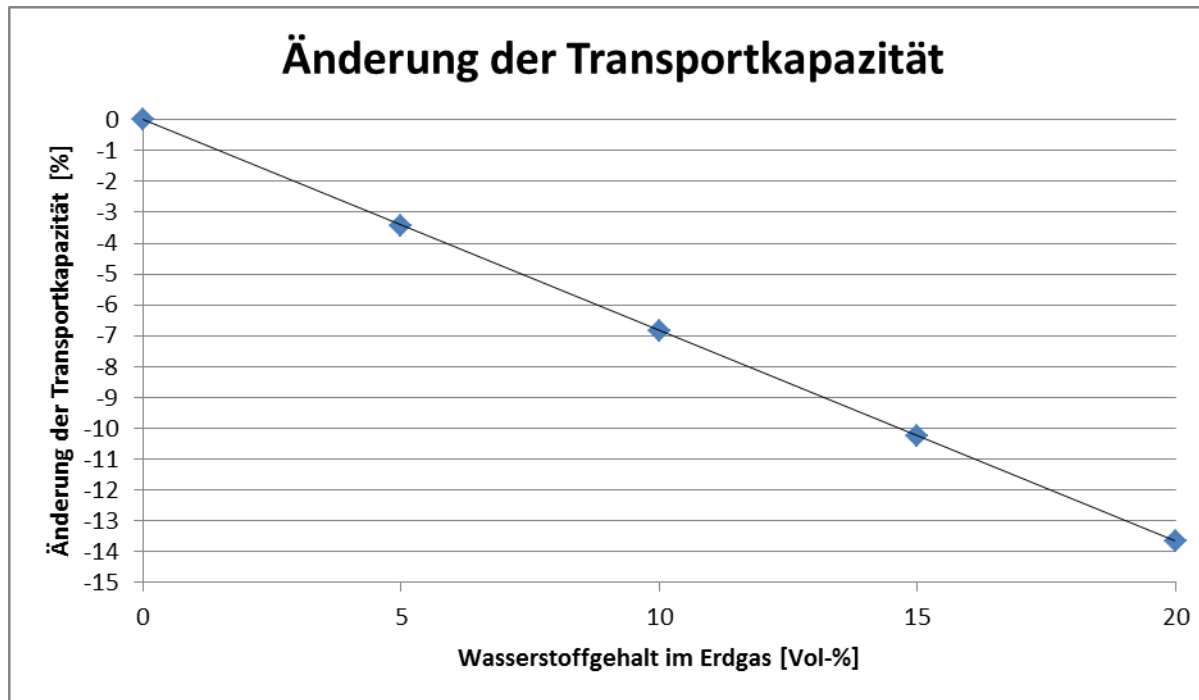
Vergleich - Relative Dichte und Brennwert

Bezeichnung	Einheit	CH ₄	H ₂
Relative Dichte ¹	[-]	0,555	0,070
Brennwert (H _S)	kWh/Nm ³	11,2	2,9942

¹nach ISO 6796 für reales Gas, m³ bei 0°C und 1013,15 mbar, Ref. Temp 25°C

- Mit Wasserstoffzumischung sinkt die Transportkapazität
- Bei gleichem Energieoutput muss mehr Volumen gefördert werden, daher steigt die Verdichterleistung als auch der Druckverlust

Transportkapazität



Zur Berechnung wurde der Brennwert der entsprechenden Gase herangezogen

Auswirkung und Maßnahmen

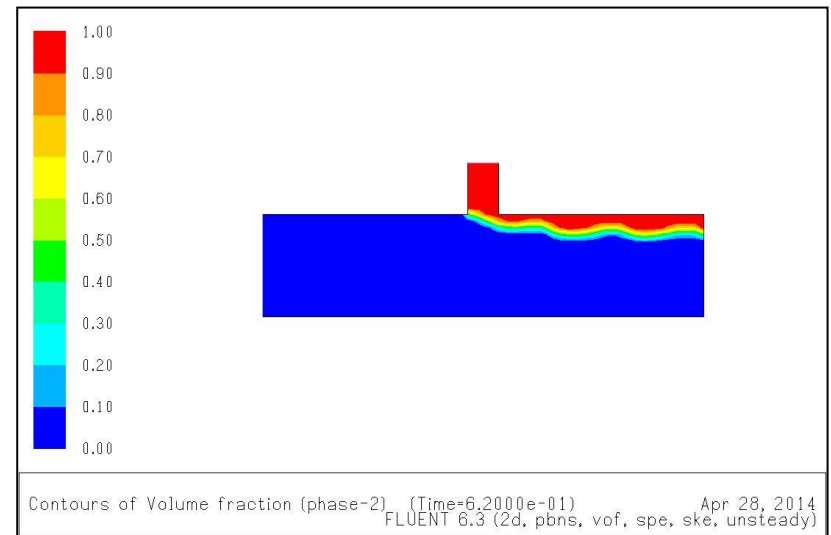
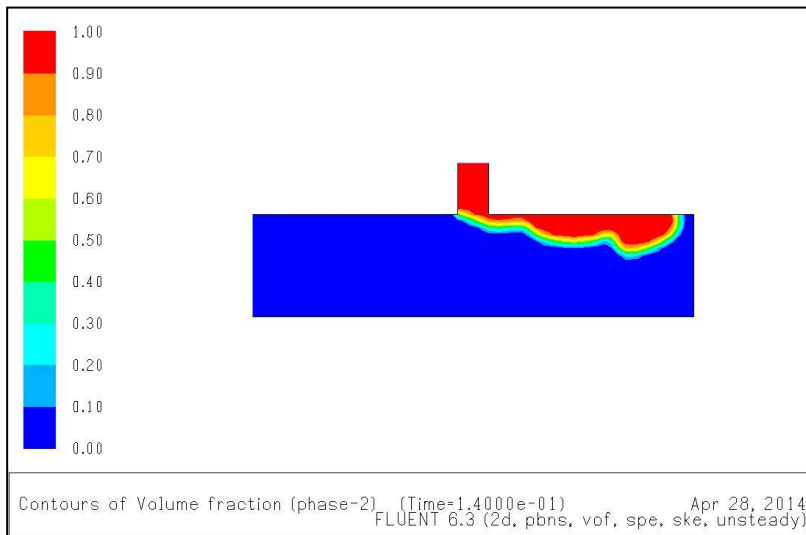
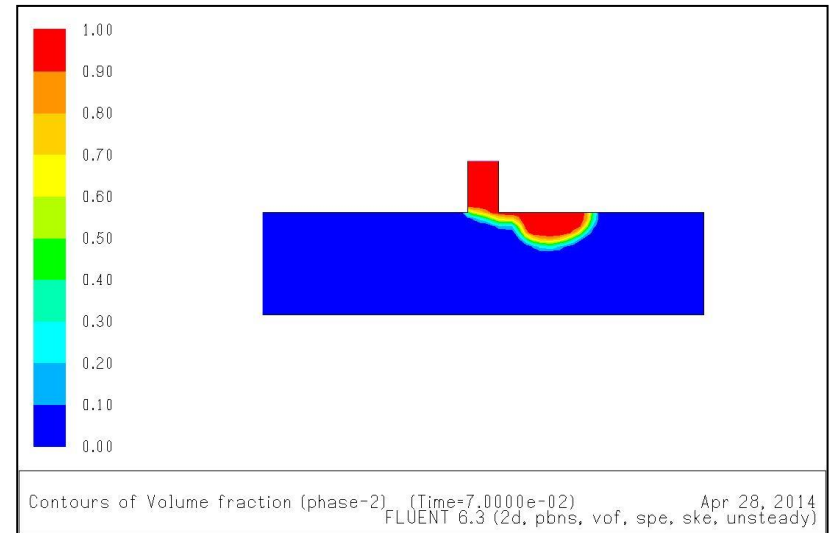
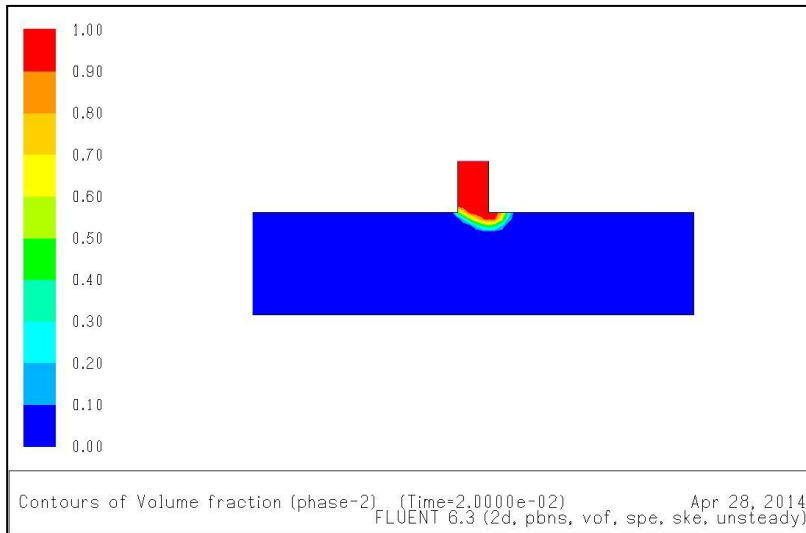
- Bei gleichem Energieinhalt der Gaslieferung sind höhere Verdichterleistungen nötig
- Klärungsbedarf besteht bezüglich:
 - der Leistungsabnahme mit Wasserstoffanteilen,
 - der Enddruckänderung,
 - der Reaktion der Verdichter sowie
 - der Dichtungskonzepte auf Wasserstoffzumischung
- Dichtungskonzept muss an neue Anforderungen angepasst werden


Mess- und Druckregelanlagen

Es gibt Erfahrungen mit standardisierten Bauelementen der Erdgastechnik bei Kokereigas (bis 67 Vol-% H₂)

- Gaszähler (Ultraschall, Turbinenrad, Balgengas)
 - Unbedenklicher Einsatz
 - Anpassungs-/Forschungsbedarf bei schwankenden Gaszusammensetzungen
- Mengenumwerter
 - Anpassungsbedarf bei schwankenden Gaszusammensetzungen
- Prozessgaschromatographen
 - Bestehende Geräte müssen auf Erdgas/Wasserstoffgemische umgerüstet werden
- Druckregelanlagen
 - Eignung gegeben
 - Einzelfallprüfungen sind aber notwendig

Mischungsverhalten Wasserstoff in Erdgas





Materialien

Transportleitungen

- Generell keine Probleme mit Werkstoffen, aber Einzelfallbetrachtungen werden empfohlen
- Adaptierung des Rohrleitungsmanagementsystems erforderlich
- Untersuchungs-/Prüfungsbedarf für konkret eingesetzte Werkstoffe
 - In NATURALHY wurden in typischen Stählen bis 50% H₂ keine spürbaren Effekte auf das Risswachstum festgestellt
 - NATURALHY; bis 30 Vol% H₂ in best. Leitungen möglich

Dichtungen

Material	Kompatibilität
Naturkautschuk	Ausreichend
Butylkautschuk	Gut
Silikonkautschuk	Ausreichend
Neoprene®	Gut
Buna S®	Gut
Hypalon®	Gut
Viton®	Gut
Buna N	Gut

- Werden als unbedenklich eingeschätzt
- Es sollte aber für jede im Betrieb verwendete Dichtungsart (Material, Leckraten, Permeationsverluste) verifiziert werden



Sicherheitsaspekte

Sicherheitsaspekte

- Die Zündgrenzen weiten sich auf
- Die Explosionsfähigkeit nimmt zu
- Das Risiko wird im Nahbereich der Leitungen größer
- Das Ausbreitungsverhalten von CH₄-H₂-Gemischen bis 10Vol% lässt sich ähnlich wie jenes von CH₄ beschreiben.
- Es findet keine Entmischung des H₂ und Ansammlung an der Raumdecke statt




Anwendungen

Endkunden und Anwendungen

- Industrielle Kunden
 - Hier sind für die einzelnen Prozesse und Anwendungen Einzelfallprüfungen vorzunehmen, um Maßnahmen, anwender- oder gasseitig, abzustimmen (Methanzahl, Flammgeschwindigkeit, Zündgrenzen, Heizwert)
- Haushaltskunden
 - Anpassungsbedarf ist gegeben, eine Umstellung einiger Endgeräte bzw. Installationen ist nötig
- Gasturbinen
 - Strenge Wasserstofflimitierung (1-2 Vol-%)
 - Herstellerseitig tlw. höhere Wasserstoffkonzentrationen möglich (bis 14 Vol-%)
 - Einzelfallprüfungen erforderlich
- Motor (CNG-Auto)
 - Anpassungen an Motoren müssen vorgenommen werden
- CNG-Tanks (z.B. Tankstellen)
 - auf 2 Vol-% Wasserstoff beschränkt wegen Wasserstoffinkompatibilität der zum Großteil eingesetzten Stahltanks

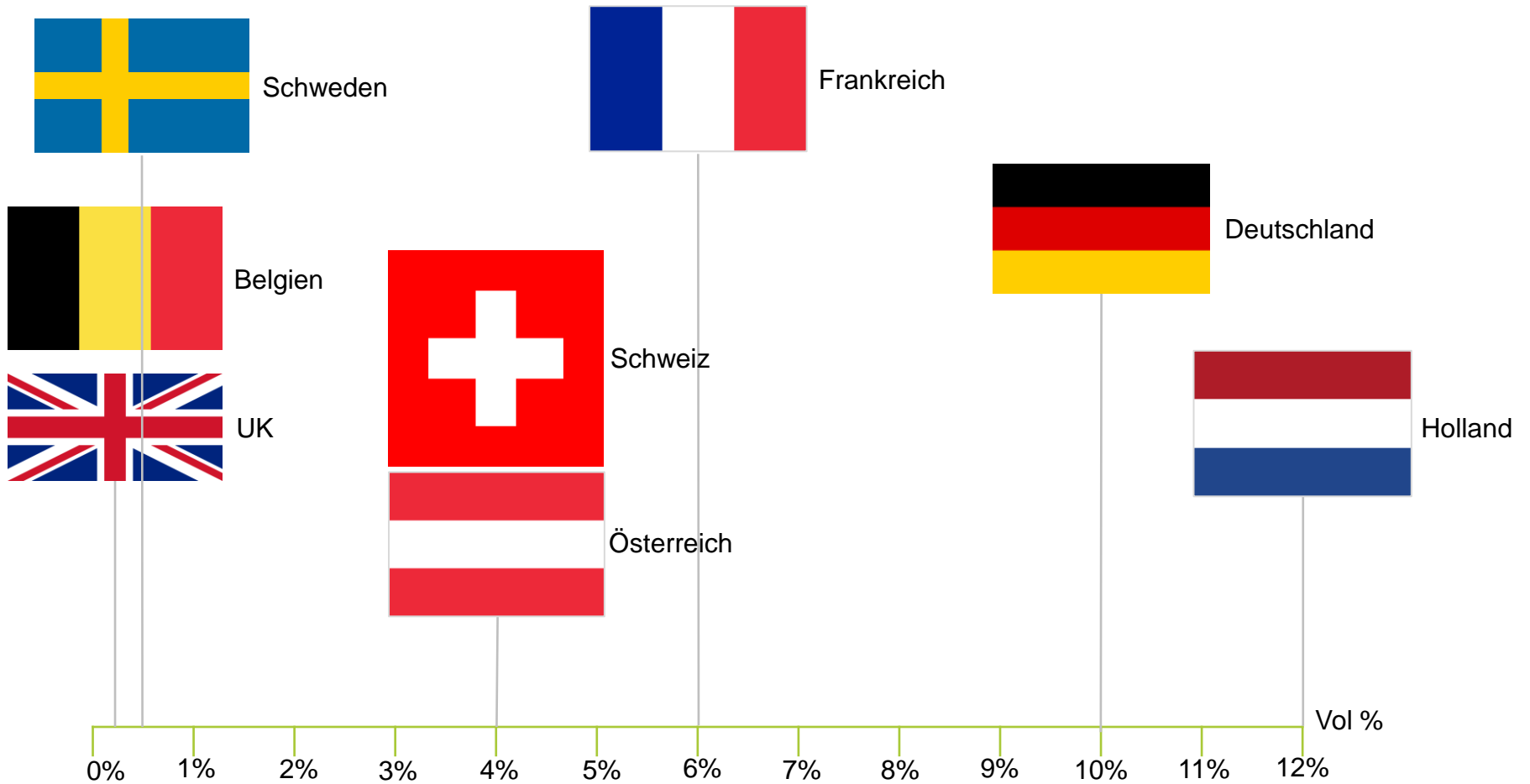
Zusammenfassung

- Änderung der Gaskennzahlen
 - Bis 5 Vol-% unbedenklich
 - Abhängig von der realen Gaszusammensetzung
- Gastransport
 - Energieoutput bei gleichem Volumenstrom verringert sich
 - Erhöhung der Verdichterleistung
- Materialien
 - Generell unproblematisch
 - Einzelbetrachtungen nötig
- Sicherheitsaspekte
 - handhabbar
- Anwendungen
 - Einzelbetrachtungen nötig
 - Gasturbinen und Gastanks problematisch
 - Endkunden handhabbar



Harmonisierungsbedarf

Grenzen - Wasserstoff im Erdgasnetz



Aktuelle Untersuchungen

- Vielzahl von Studien aktuell in Ausarbeitung
- Praktische Versuche
 - Energinet (DEN)
 - Einleitung von H₂ in bestehende Erdgaspipeline
 - Projektstart 06/2017
 - Testperiode: 2 Jahre
 - Kontinuierliche Steigerung des H₂-Gehaltes bis 15%
 - Untersuchung der Auswirkungen
 - Aktueller Wert (10/2018): 7%
 - Marcogaz (Marseille, FRA)
 - Ähnliches Versuchsprogramm

Quellen

- [1] G. Müller-Syring, M. Henel, W. Köppel, H. Mlaker, M. Sterner, and T. Höcher, “Entwicklung von modularen Konzepten zur Erzeugung, Speicherung und Einspeisung von Wasserstoff und Methan ins Erdgasnetz,” Studie, Bonn, Feb. 2013.
- [2] G. Müller-Syring, J. Hüttenrauch, and S. Zöllner, “Erarbeitung von Basisinformationen zur Positionierung des Energieträgers Erdgas im zukünftigen Energiemix in Österreich:
AP 2: Evaluierung der existierenden Infrastrukturen auf Grundlage der ermittelten Potentiale,” Abschlussbericht, Leipzig, Nov. 2012.
- [3] M. W. Melaina, O. Antonia, and M. Penev, “Blending Hydrogen into Natural Gas Pipeline Networks: A Review of Key Issues,” National Renewable Energy Laboratory, Golden, Mar. 2013.
- [4] Projekt Energiemessung im Rahmen der Innovationsoffensive des DVGW, <http://www.dvgw-innovation.de/die-projekte/uebersicht/energiemessung/>, 2014
- [5] *Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von I. speziellen Bauteilen von Kraftfahrzeugen, in deren Antriebssystem komprimiertes Erdgas (CNG) verwendet wird
II. von Fahrzeugen hinsichtlich des Einbaus spezieller Bauteile eines genehmigten Typs für die Verwendung von komprimiertem Erdgas (CNG) in ihrem Antriebssystem*, 110, 2010.



Energy, everywhere.

Auf
Wiedersehen.