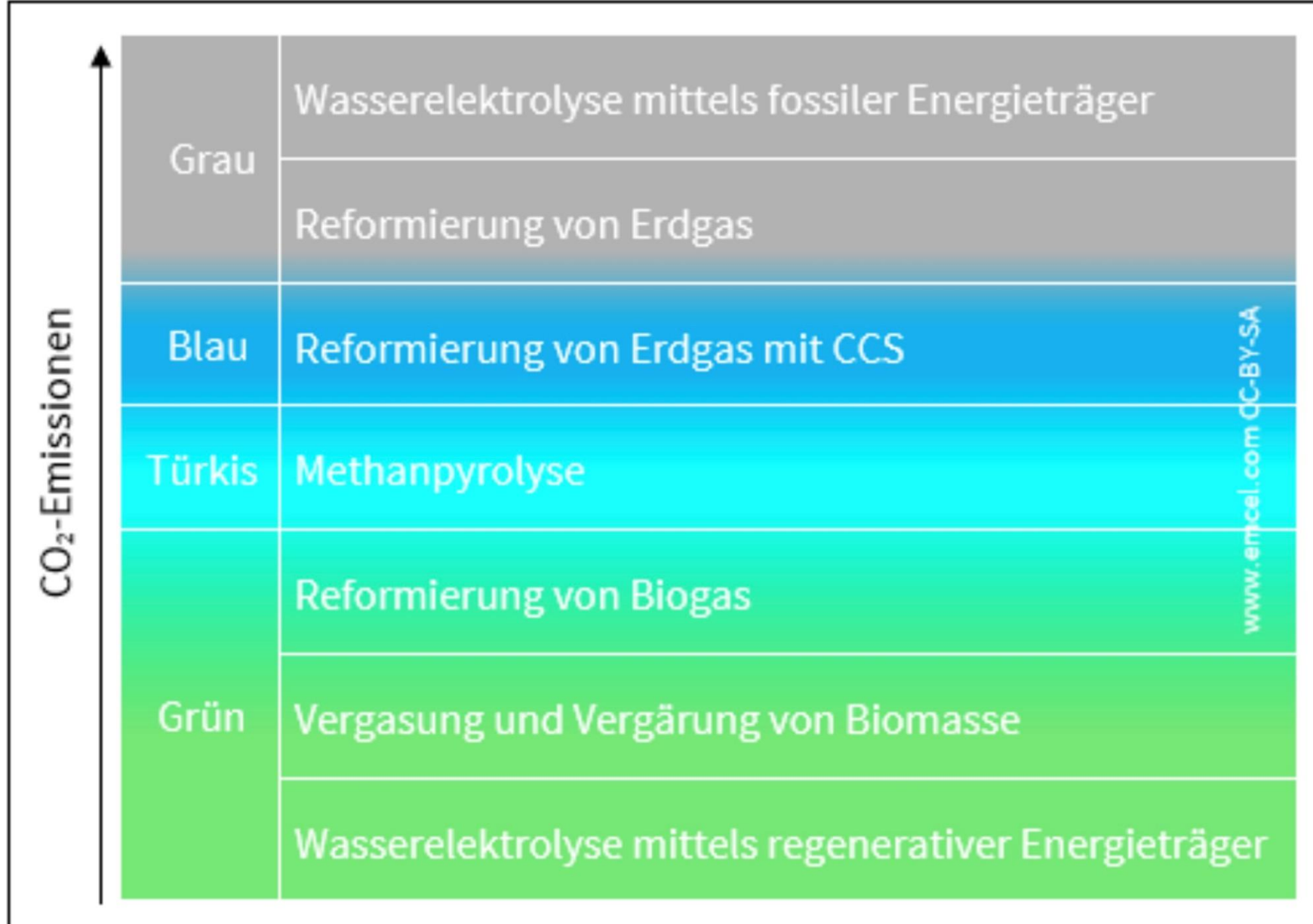


Wasserstoff kann einen wichtigen Beitrag leisten. Jedoch der Umgang mit reinem Wasserstoff gehört in professionelle Hände

Was bedeuten die Farben von Wasserstoff?



Direkte Nutzung von Wasserstoff aus PtG – ja, aber

ja:

- weil in der direkten Anwendung CO₂-frei,
- kann direkt aus PtG ohne weitere Umwandlungsverluste hergestellt werden

aber:

- Sehr leicht entzündlich / explosiv
- Hohe Anforderungen an Dichtheit der Anlagen → **Gefahr von kleinen, kaum feststellbaren Leckagen** (kritisch in geschlossenen oder schlecht belüfteten Räumen)
- Geringe volumetrische Energiedichte → hoher Kompressionsaufwand
- Verflüssigung sehr energieintensiv und anspruchsvoll

→ sinnvoll bei Stromüberschüssen für dezentrale und professionelle Anwendungen

Energiedichte – Vergleich verschiedener Energieträger

	<u>kWh/m³</u>	<u>CO₂-Gehalt (kg/kWh)*</u>
Benzin	8570	0.25
Diesel	9912	0.27
Wasserstoff (/Nm ³)	3	0
Wasserstoff 200 bar	530	
Wasserstoff 700 bar (<i>Kompressionsenergie 12%</i>)	1855	
Wasserstoff flüssig (-253°C)	2351	
Erdgas H-Gas (/Nm ³)	10.5	0.2
Erdgas 200bar (<i>Kompressionsenergie 2.5%</i>)	2580	
Erdgas LNG (-162 °C)	6615	

* Ohne Energieaufbereitung/Verteilung

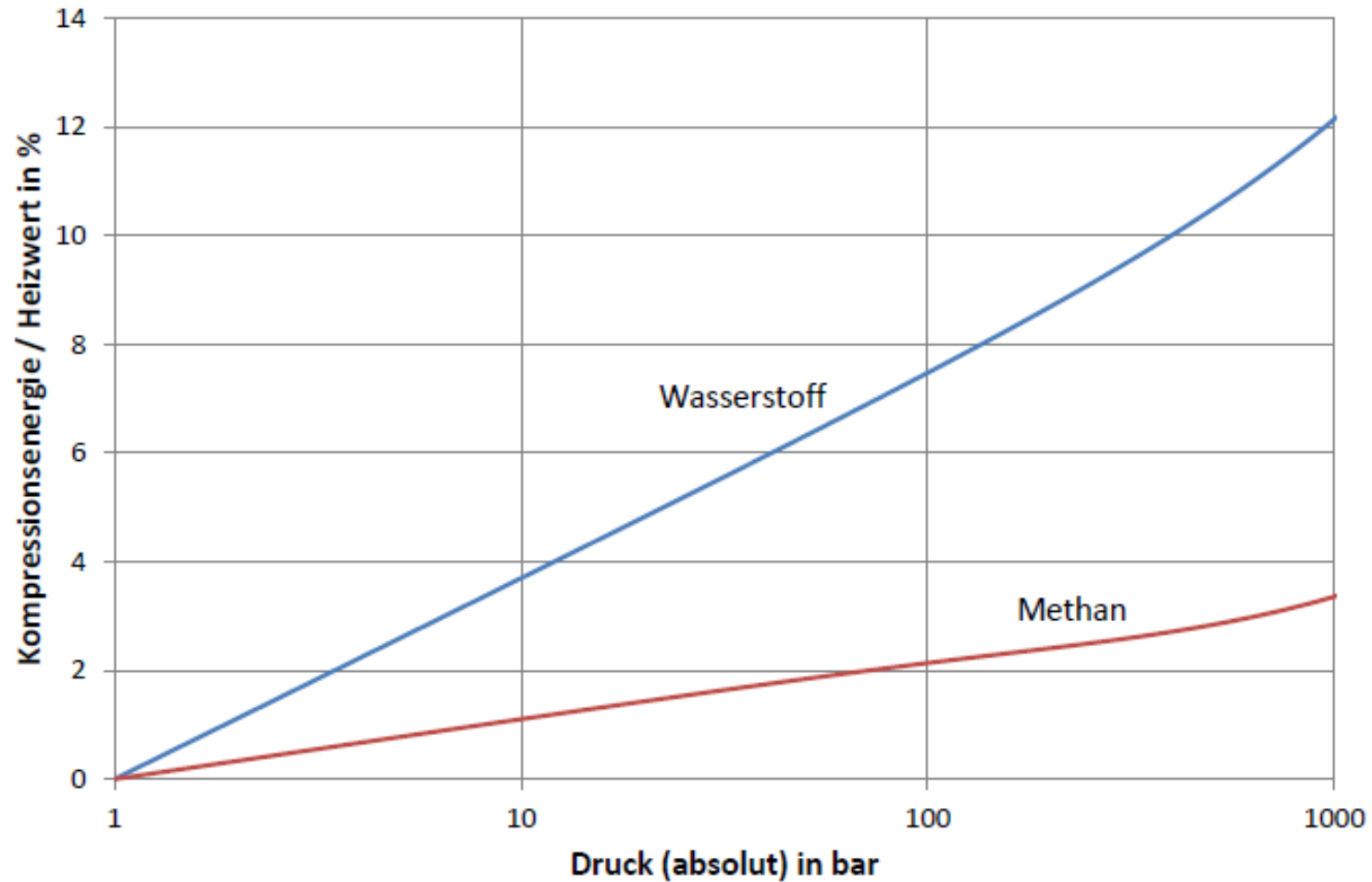
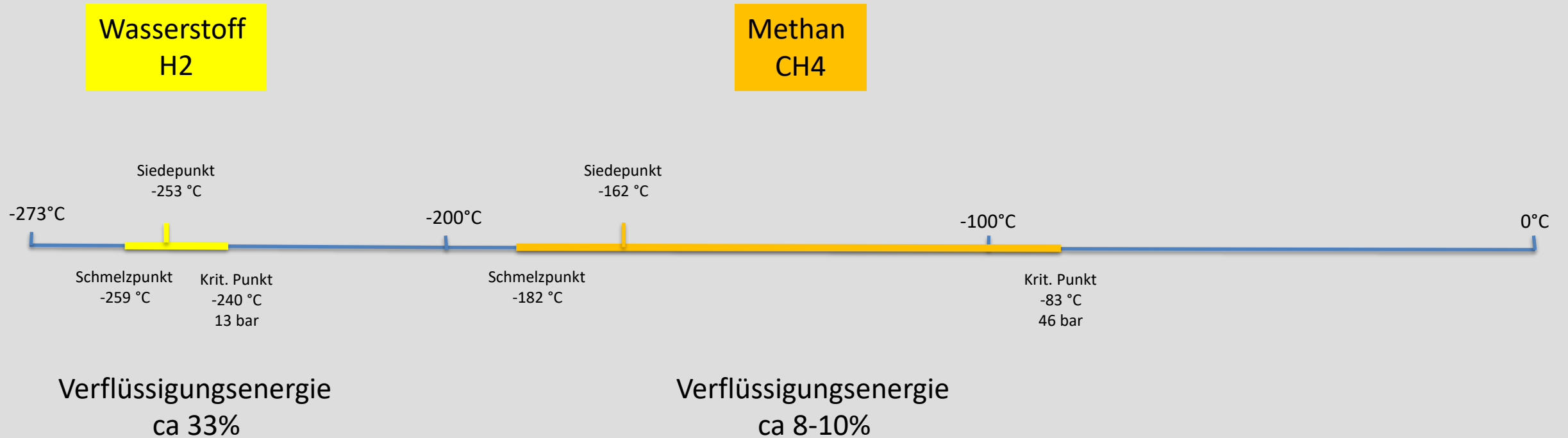


Abbildung 2: Relative Arbeit für Gaskompression mit einem isothermen Wirkungsgrad von 60 % (Reale Gase, 20 °C).

Wasserstoff:

- Geringere Energiedichte und trotzdem
- 3-4 x höherer Kompressionsaufwand gegenüber Methan

Vergleich Verflüssigung Wasserstoff - Methan



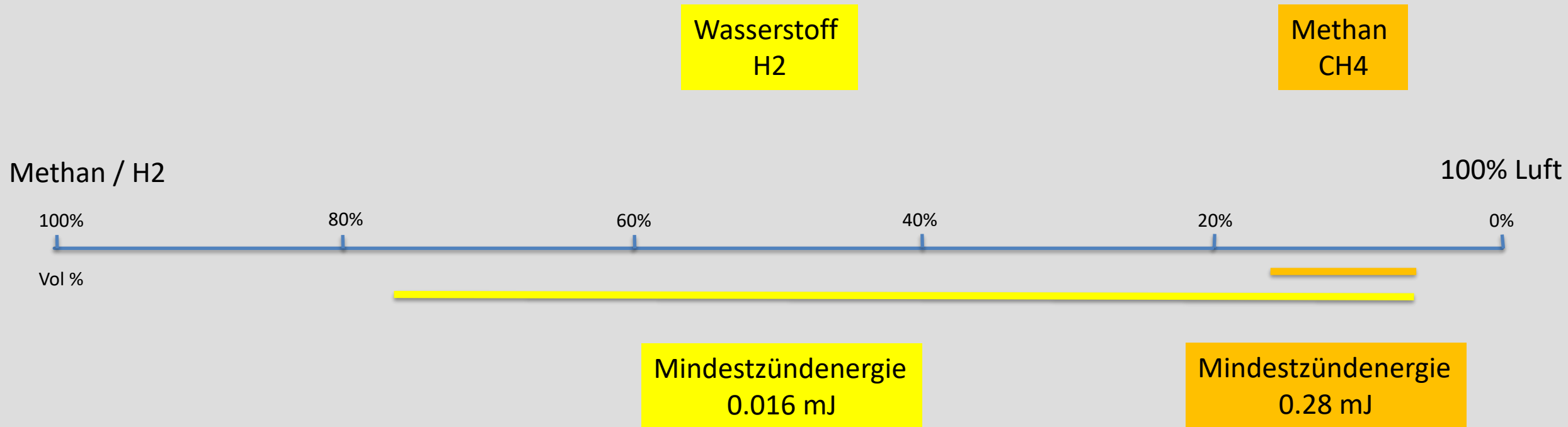
Kawasaki Wasserstoff Tanker – benötigt Drucktanks

Kapazität ca. 1250 m³*



* Zum Vergleich: LNG-Tanker haben eine Kapazität von bis zu 266'000 m³

Vergleich Zündbereich Luft – Methan bzw H2



Pro/Kontra Wasserstoff (im Vergleich zu Erdgas/Methan)

Pro

- kein CO₂ enthalten
- kann aus erneuerbarem Strom (Elektrolyse) hergestellt werden – energetischer Wirkungsgrad bis ca. 65%
- Mittels Brennstoffzelle (PEM) wieder zu Strom konvertierbar – energetischer Wirkungsgrad bis ca. 55% (Problem Degradation)
- Gesamtwirkungsgrad Strom - Wasserstoff – Strom ca. 35%

Kontra:

- Sehr geringe Energiedichte, hoher Kompressionsaufwand → Transport ineffizient und aufwendig → **dezentrale Erzeugung nahe an Verbraucherstandorten**
- sehr explosiv – sehr hohe Anforderung an Dichtigkeit → **professionelle Betankung erforderlich**



Wasserstoffabfüllung PtG-Anlage in Werlte



Wasserstofftankstelle in der Nähe von Oslo explodiert – Juni 2019



Pro/Kontra Methan (im Vergleich zu Wasserstoff)

Pro:

- Deutlich höhere Energiedichte,
- transportierbar und speicherbar sowohl gasförmig wie flüssig, auch über weite Strecken (global)
- Sehr grosse vorhandene Infrastrukturen, bewährte Technik,
- PtG: energetischer Wirkungsgrad (Strom zu Gas) > 55% - bis 65% erreichbar
- Mittels GuD/WKK wieder zu Strom konvertierbar → Gesamtwirkungsgrad Strom – synth. Methan – Strom max. ca. 30%

Kontra:

- Enthält CO₂ → nur CO₂-neutral, wenn CO₂ nicht aus fossiler Quelle stammt (Biogas, PtG, ...)

→ Methan muss CO₂-neutral werden (Biogas, PtG, etc.)

Fazit für Wasserstoff-Zukunft in den nächsten 10-30 Jahren

Voraussetzung: genügend erneuerbarer Strom verfügbar

Reiner Wasserstoff

- primär dezentrale Erzeugung/Nutzung für Grundstoffindustrie, LKW-Mobilität und allenfalls Stromerzeugung
- Saisonale Wasserstoffspeicherung in Salzkavernenspeicher möglich, jedoch nicht geeignet in Aquifer-/Porenspeicher wegen Dichtigkeitsproblemen

Ansonsten eher Beimischung zu (synth.) Methan im vorhandenen Gasnetz

- Max. 10-20%, sonst gibt es zu starke Brennwertschwankungen
- Bedingt Anpassung bei Endverbrauchern (CNG-Technik, etc.)
- Geeignet auch für grössere Wärmeverbraucher, Industrie etc.
- Beimischung muss Downstream erfolgen wegen Problem Aquifer-/Porenspeicher
- Kann sich bei niedrigen Fließgeschwindigkeiten entmischen