

# Wasserstoffspeicherung – Element einer Wasserstoffinfrastruktur

## Hartmut Krause

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH

TU Bergakademie Freiberg, Lehrstuhl Gas- und Wärmetechnische Anlagen

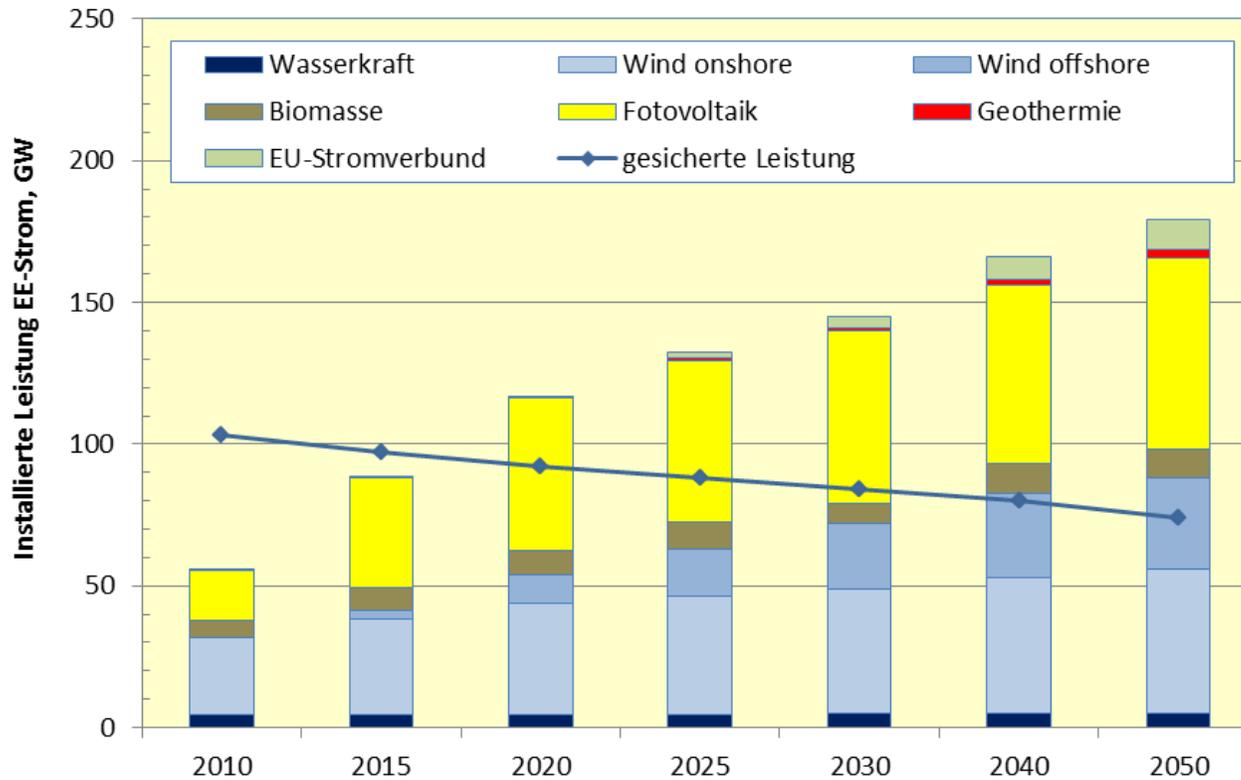
Energiefachtagung und Wasserstoffnetzwerktreffen Lausitz „DurchH<sub>2</sub>atmen“

07. September 2021



- 1 Einordnung der Wasserstoffspeicherung
- 2 Gasversorgung heute – Trends und Prognosen
- 3 Wasserstoffspeicherung im Untergrund – ein Vergleich mit Erdgas
- 4 Aktuelle Wasserstoffspeicherprojekte in Mitteldeutschland

Die installierte Leistung für die EE-Stromerzeugung nimmt deutlich zu, aber die tatsächlich gesicherte Leistung sinkt!



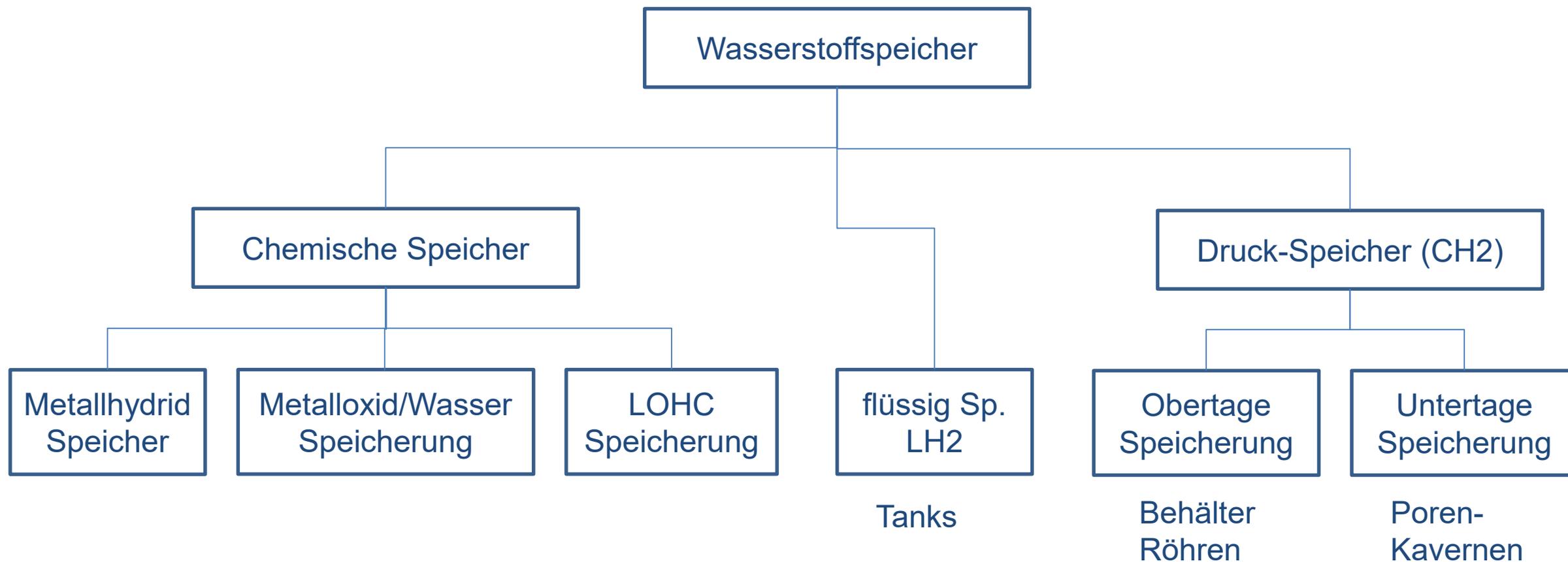
Quelle: Fhg-IWES/DLR, 03/2012 Szenario 2011 A

- Mit zunehmendem Ausbau der EE-Stromerzeugung entsteht eine Überkapazität der installierten Leistung
- Spitzenleistungen können nicht genutzt werden → Abschaltung
- Anlagen werden weniger ausgelastet, wirtschaftlicher Verlust tritt ein
- Versorgungssicherheit nimmt ab

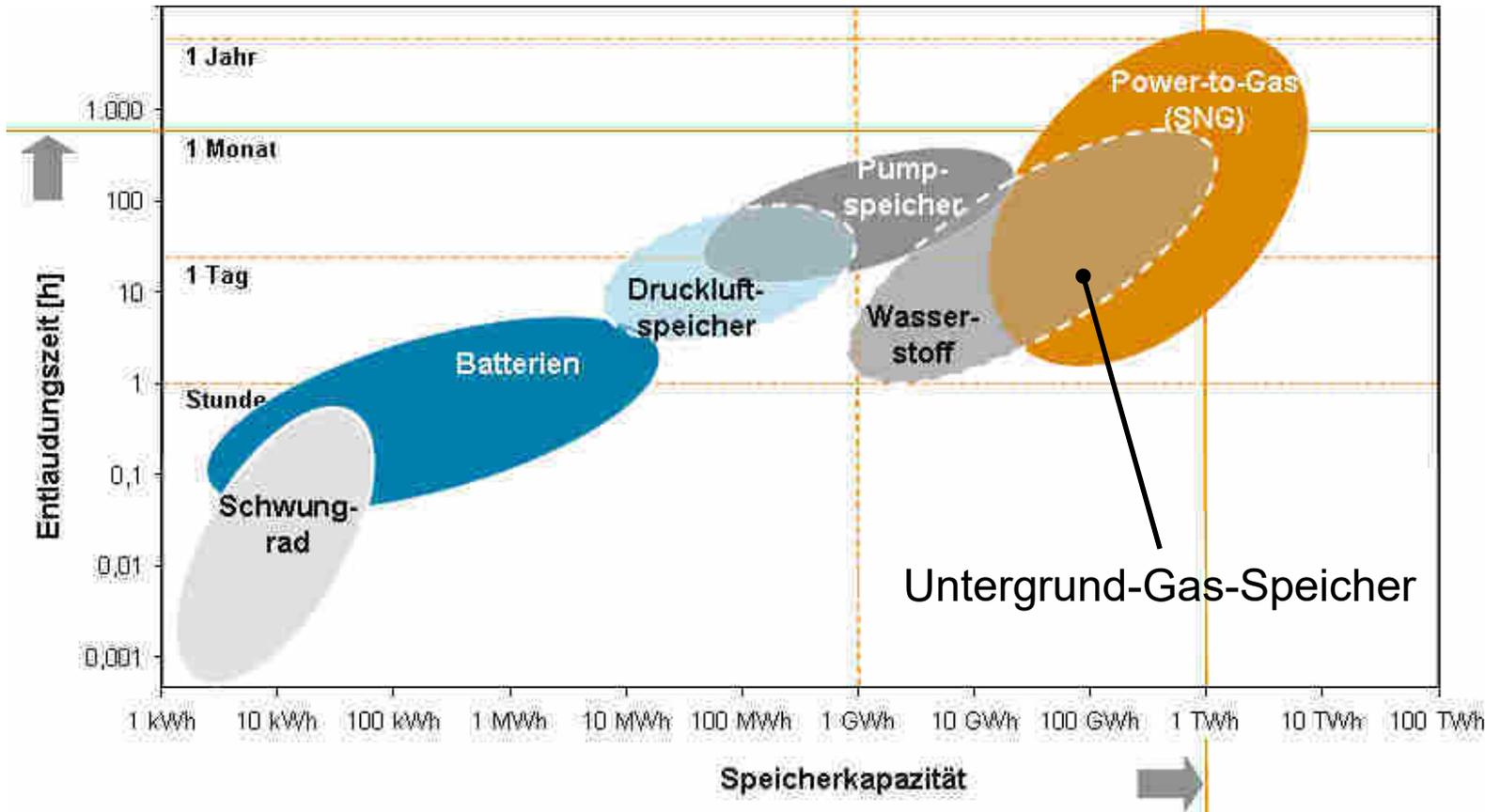
**Prognostizierte Struktur:**  
Hoher Anteil an volatilen Quellen aus Wind und PV

- 2030 44 %
- 2050 57 %

## Einteilung von Wasserstoffspeichern



## Vergleich von Energie-Speichertechnologien

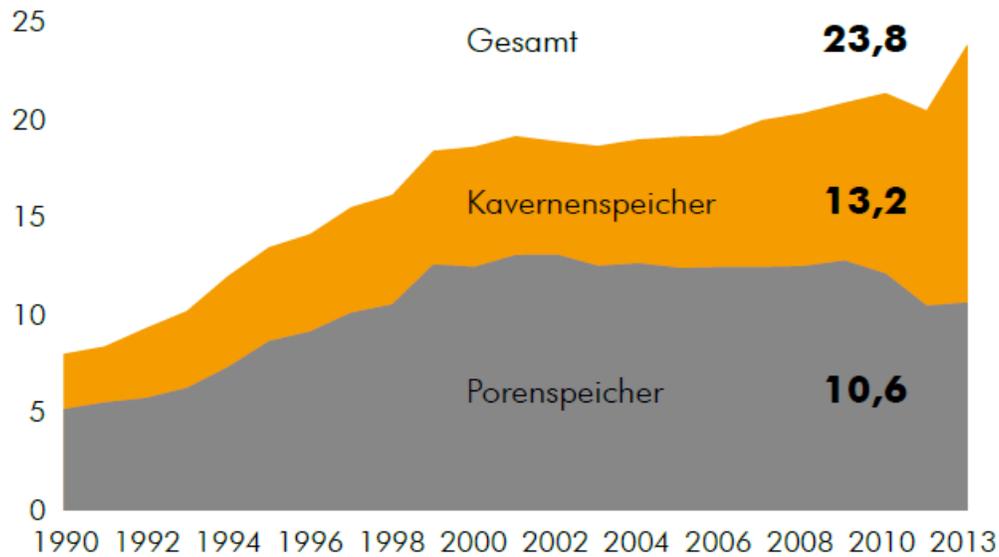


- Saisonale Speicherung bzw. die Überbrückung von längeren Defiziten in der Energieversorgung braucht große Speicherkapazitäten
- In der Erdgasversorgung waren seit Anbeginn der Versorgung große Speicher in der Gasinfrastruktur integriert als Ausgleich zwischen gleichmäßiger Produktion und variablen Lasten
- Es handelt sich um eine erfolgreich eingesetzte Technologie an einer gut ausgebauten Infrastruktur langzeitstabil, geringe Verluste

Quelle: Sterner, 2009; Specht et al, 2010

# Erdgasspeicherung heute

## ENTWICKLUNG DES SPEICHERVOLUMENS IN DEUTSCHLAND

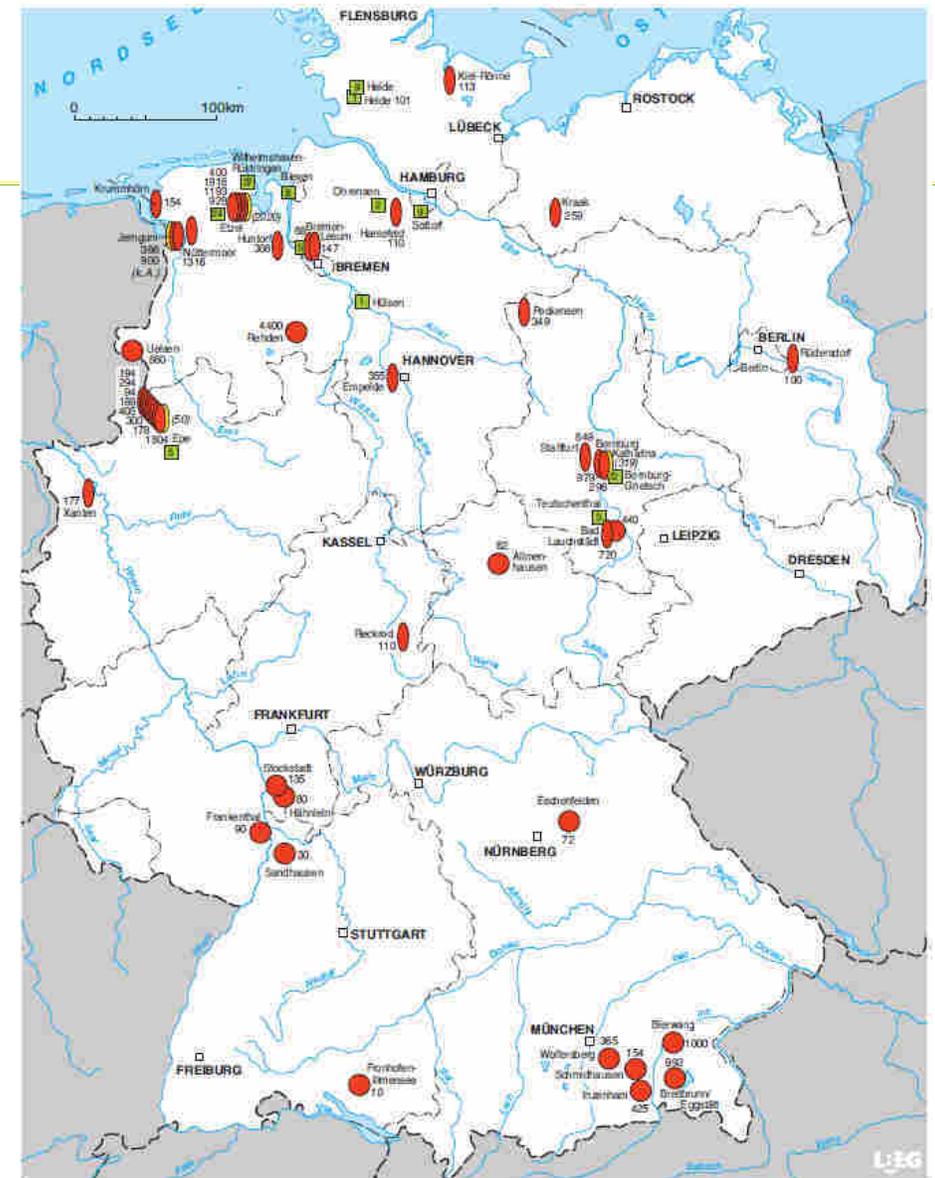


Arbeitsgasvolumen in Mrd. m³

Quelle: WEG 2013

**Stand heute (2019):** **23,9 Mrd. m³**

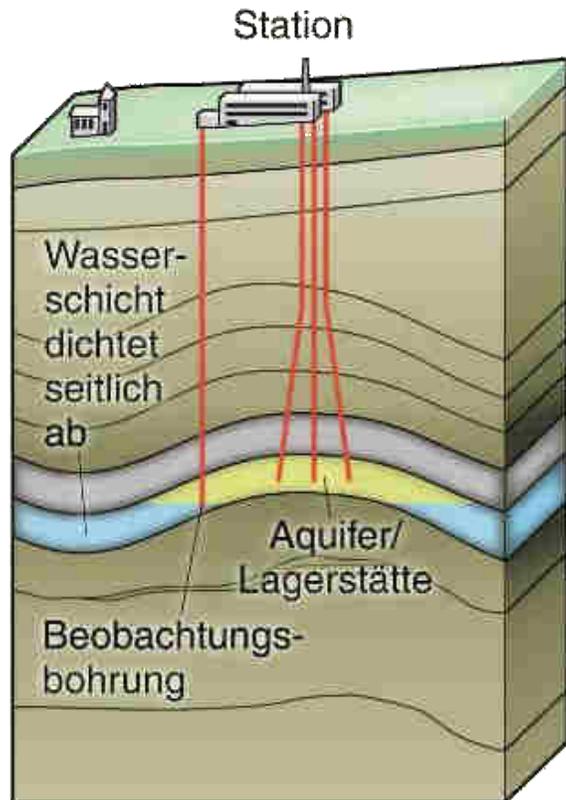
- 16 Porenspeicher 8,6 Mrd. m³
- 31 Kavernenspeicher 15,3 Mrd. m³



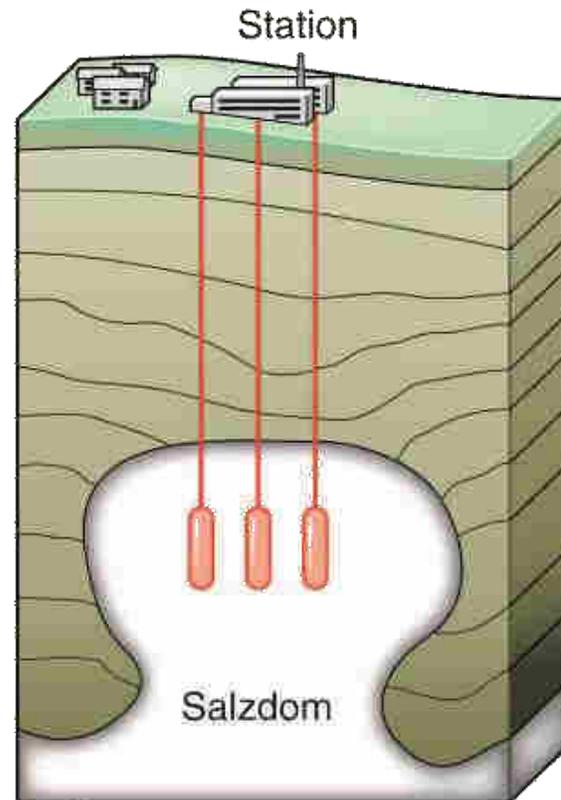
Erdgas		Rohöl, Mineralölprodukte, Flüssiggas	
<b>Porenspeicher</b>	<b>Kavernenspeicher</b>	<b>Kavernenspeicher</b>	
● in Betrieb mit max. Arbeitsgaskapazität nach Endausbau [Mio. m³(V <sub>N</sub> )]	● in Betrieb	● in Betrieb	□ Anzahl der Einzelspeicher
● in Planung oder Bau mit voraussichtlicher max. Arbeitsgaskapazität [Mio. m³(V <sub>N</sub> )]	● in Planung oder Bau	□ Anzahl der Einzelspeicher	

Quelle: LBEG 2019

## Porenspeicher



## Kavernenspeicher



## Porenspeicher (in porösem Gestein)

- **Ehemalige Lagerstätten:**  
Nutzung von ausgeförderten Lagerstätten zur Speicherung von Erdgas
- **Aquiferspeicher:**  
Nutzung poröser Gesteinsstrukturen die zuvor mit (Salz-)Wasser gefüllt waren

## Kavernenspeicher (in Hohlräume im Untergrund):

- **Speicher in Salzlagerstätten/Zechstein:**  
Werden durch Auslaugung des Salzes gewonnen
- Speicher in dichtem Gestein
- Nutzung ehemaliger Bergwerke

Quelle: Gassner

Der DVGW „Energieimpuls“ als Übergangstrategie für eine dekarbonisierte Gasversorgung

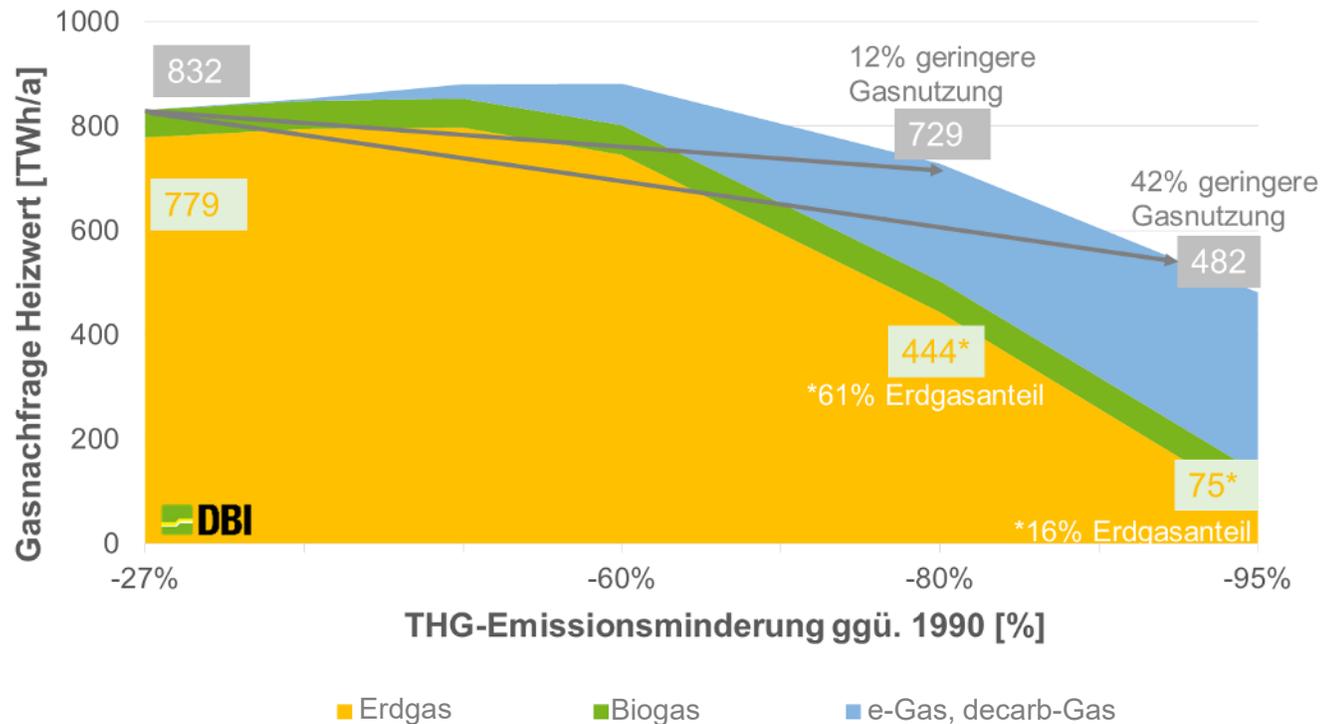
	Strom	Wärme	Verkehr	
<b>Fuel-Switch</b>	Kohle → Erdgas -124 Mio. t CO <sub>2</sub>	Erdöl → Erdgas -25 Mio. t CO <sub>2</sub>	Diesel und Benzin → Erdgas -39 Mio. t CO <sub>2</sub>	← Umstellung auf Erdgas
<b>Content-Switch „Greening of Gas“</b>	Rückverstromung -12 Mio. t CO <sub>2</sub>	Haushalte und Industrie -57 Mio. t CO <sub>2</sub>	Schwerlastverkehr -14 Mio. t CO <sub>2</sub>	← EE-CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> -Zumischung
<b>Modal-Switch</b>	CO <sub>2</sub> -Einsparung durch Kopplung der Strom- und Gassektoren und Verbesserung der Energieeffizienz			← H <sub>2</sub> -Inseln

Quelle: Erdgas, BWK 2019

## Strukturierung der Gasnachfrage in Deutschland für eine erfolgreiche Umsetzung des Klimaschutzes

### Entwicklungsszenarien für die Gasnachfrage in Dtl.

nach J. Nitsch (2016): Energiewende nach COP21, Szenario "KLIMA 2050"



\* Anteil fossiles Erdgas an Gesamtnachfrage nach gasförmigen Energieträgern

- Künftiges Ziel: **Treibhausgasneutralität** als Weg zu den COP21 Klimazielen ernst nehmen
- Gase unterstützen **Treibhausgasneutralität** in den Sektoren: Wärme, Mobilität, Strom und stoffliche Nutzung (NEV) kurz-, mittel- und langfristig
- Gastechnologien sind Brücken- **und** künftige Schlüsseltechnologien

### Fuel Switch

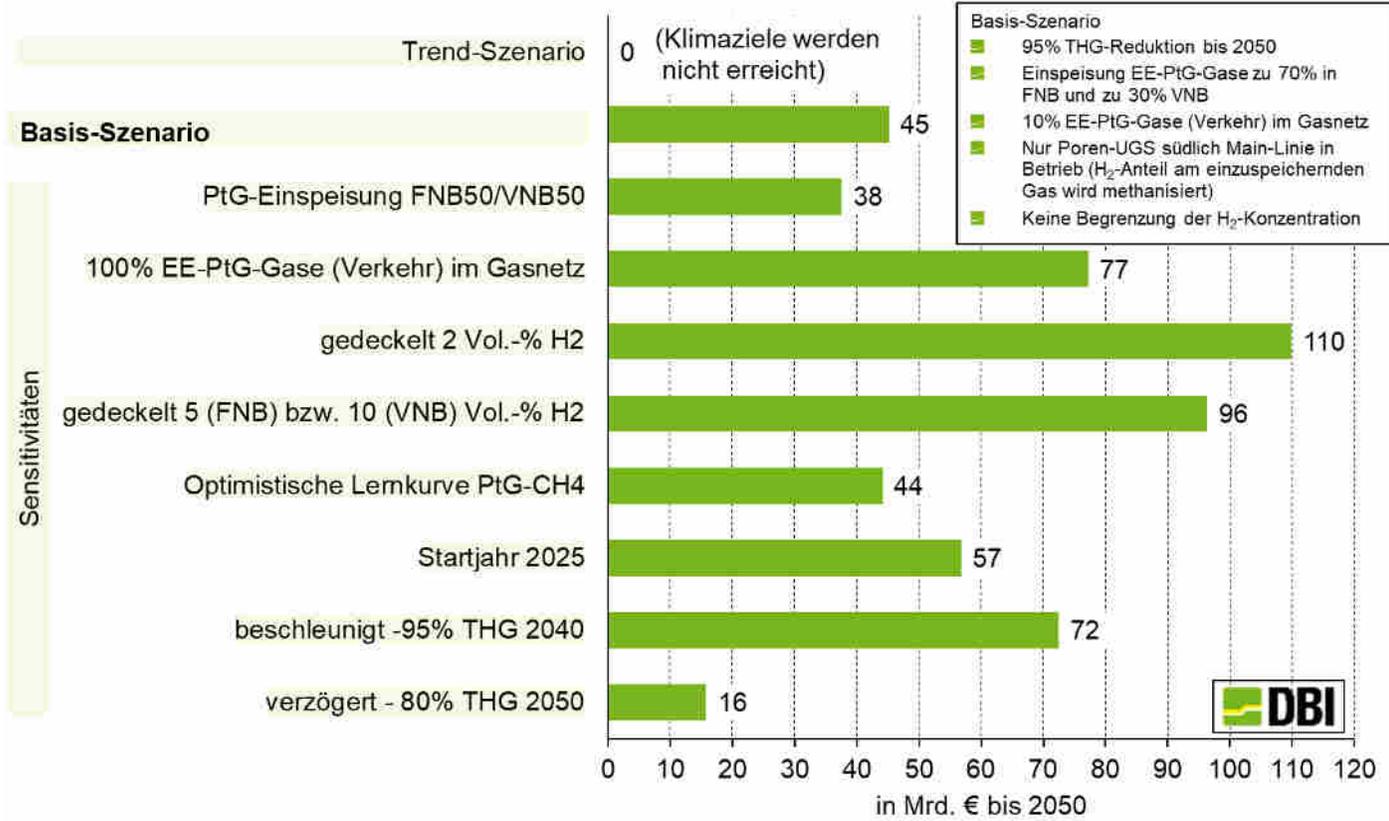
- 60% THG-Minderung durch fossiles Erdgas ermöglichen (779 TWh/a  $\hat{=}$  85% Anteil\*)  
... **die Brücke**

### Content und Modal Switch

- 80% THG-Minderung mit kontinuierlicher Umstellung auf klimaneutrale Gase erreichen (444TWh/a  $\hat{=}$  40% Anteil\*)
- 95% THG-Minderung mit konsequenter Umstellung erzielen (75 TWh/a  $\hat{=}$  16% Anteil\*)  
... **der Schlüssel** ...

Quelle: DVGW-Studie SMARAGD

Transformationspfade Gasnetze und Gasspeicher - Mehrinvestitionen in Mrd. €



Mehrinvestitionen Summe aller Investitionen zur Integration der EE-PtG-Gase, die über die Ersatzinvestitionen hinaus erforderlich sind

## Kernaussagen

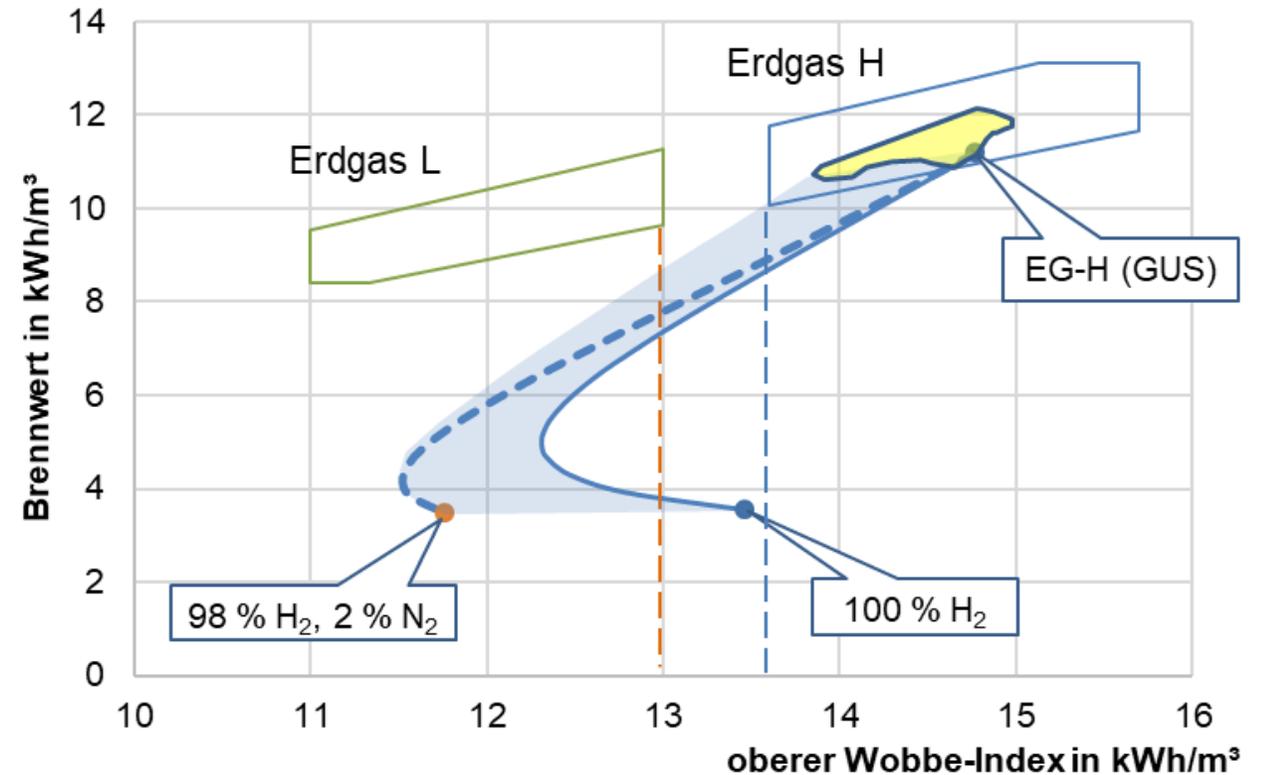
- Über Ersatzinvestitionen („Business as Usual“) lässt sich bis 2050 keine Treibhausgasneutralität der Gasnetze und Gasspeicher erreichen
- Im Basis-Szenario sind Mehrinvestitionen in Höhe von 45 Mrd.€ bis 2050 erforderlich, bei einem Wartungs- und Instandhaltungsaufwand von 192 Mrd. €**
- Eine Begrenzung der Wasserstoff-Einspeisung führt zu deutlichen Steigerungen der erforderlichen Mehrinvestitionen in der Gasinfrastruktur gegenüber dem Basis-Szenario
- Die Integration der PtG im Verkehrssektor führt absolut zu höheren Mehrinvestitionen und PtG-Gasmengen, THG-spezifische Mehrinvestitionen sind kleiner
- Wird die Transformation erst 2025 begonnen, steigen die erforderlichen Mehrinvestitionen bis 2050 etwa um weitere 12 Mrd. €

Quelle: DVGW-Studie H2-Transformationspfade



Im aktuellen Technischen Regelwerk Gas wird Wasserstoff als Brenngas aufgenommen G 260 (Schlussentwurf 05/2021)

- 2. Gasfamilie (Methanreiche Gase)  
bis 20 Vol.-% H<sub>2</sub>  
Begrenzt durch angeschlossene Kundengeräte
- Neue 5. Gasfamilie  
Gruppe A: >98 Vol.-% H<sub>2</sub>  
Gruppe B: >99,97 Vol.-% H<sub>2</sub>



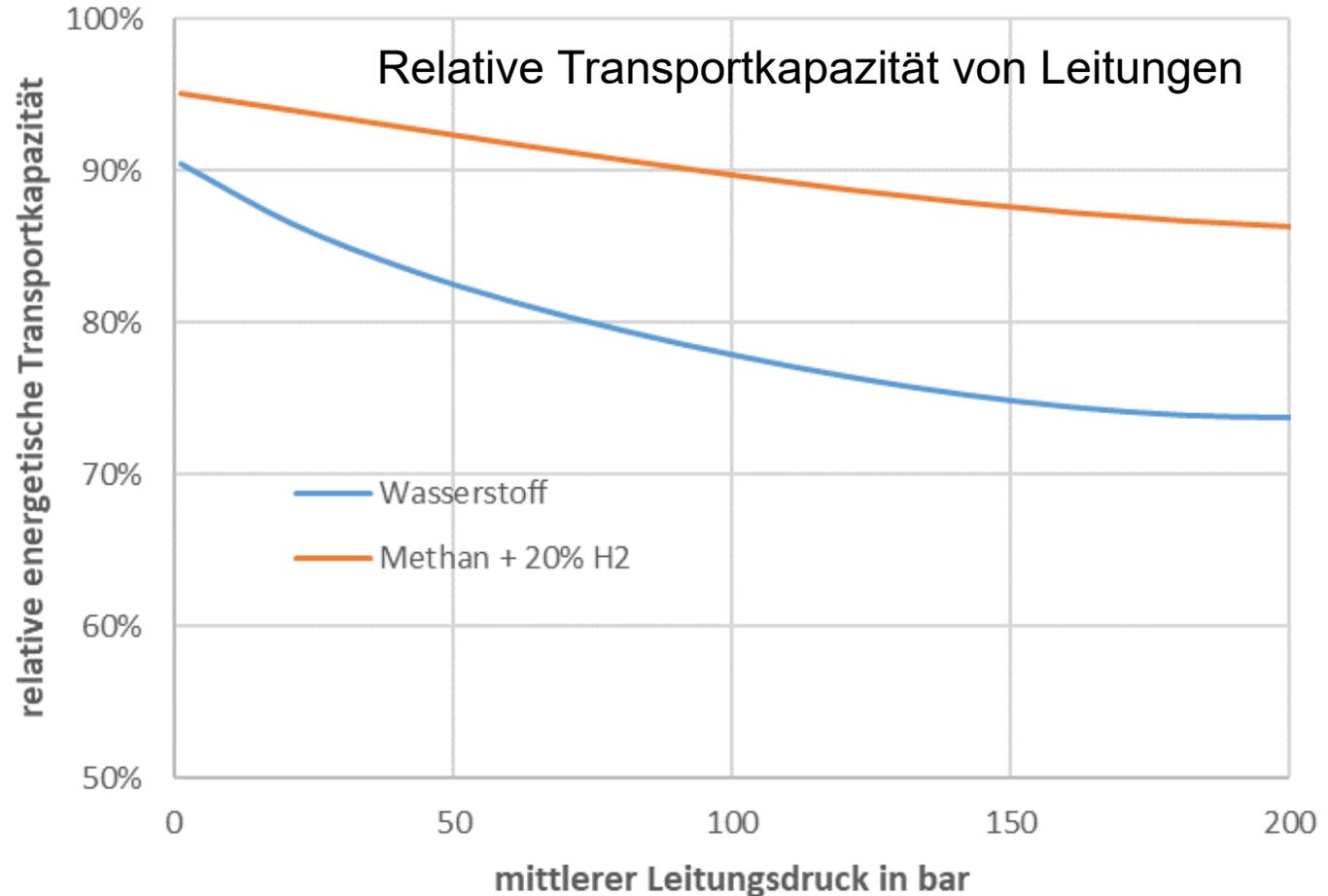
Mischungskennlinie Erdgas  
Wasserstoff im Kennfeld der 2. Gasfamilie

Die Eigenschaften der Gase definieren den Aufwand für den Transport

Die geringe Dichte senkt den Druckverlust in durchströmten Leitungen

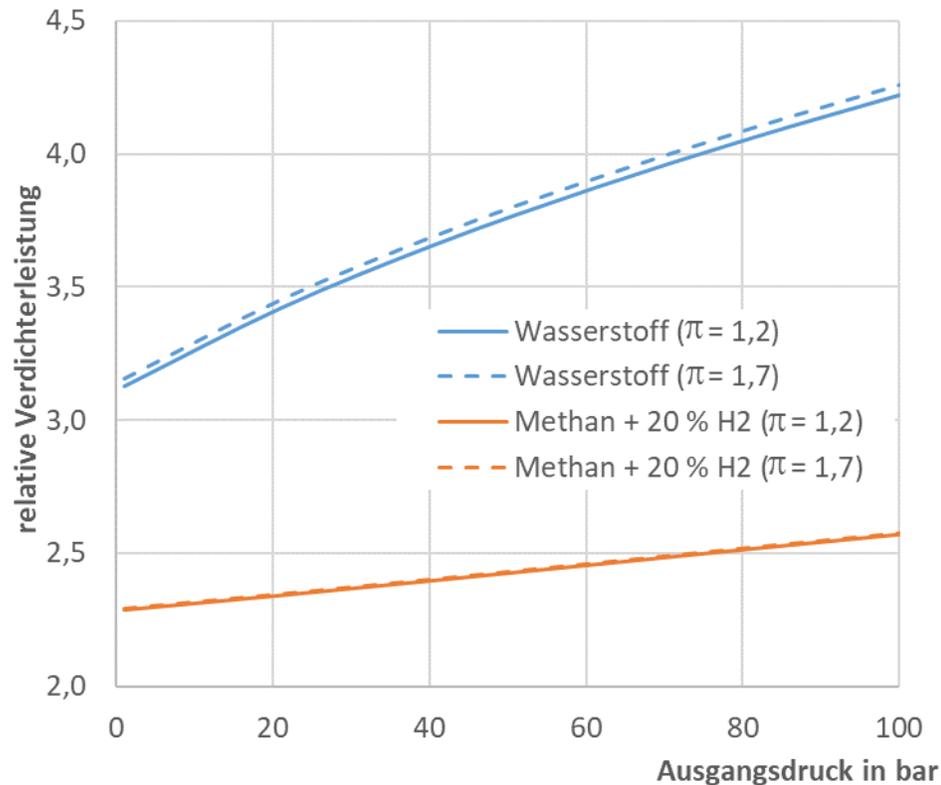
Damit können höhere Strömungsgeschwindigkeiten realisiert werden.

Die energetische Transportkapazität sinkt nur wenig

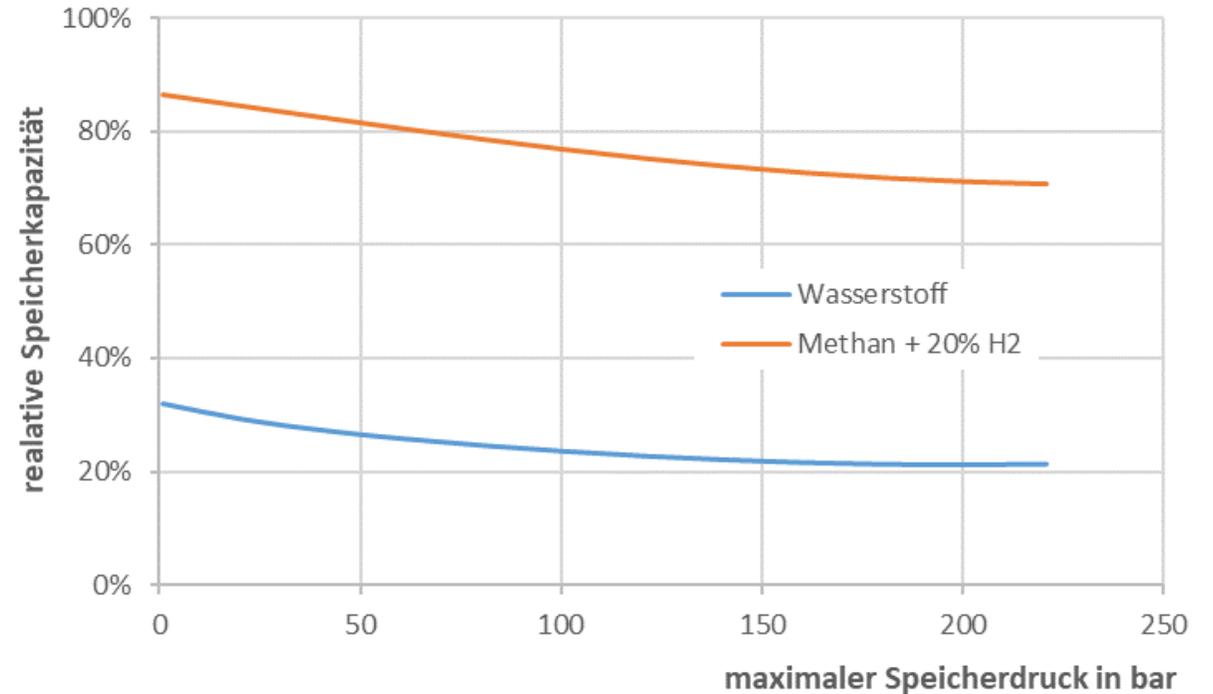


Die Eigenschaften der Gase definieren den Aufwand für Transport und Speicherung

## Relative Veränderung der Verdichterleistung



## Relative Speicherkapazität in Hohlräumen

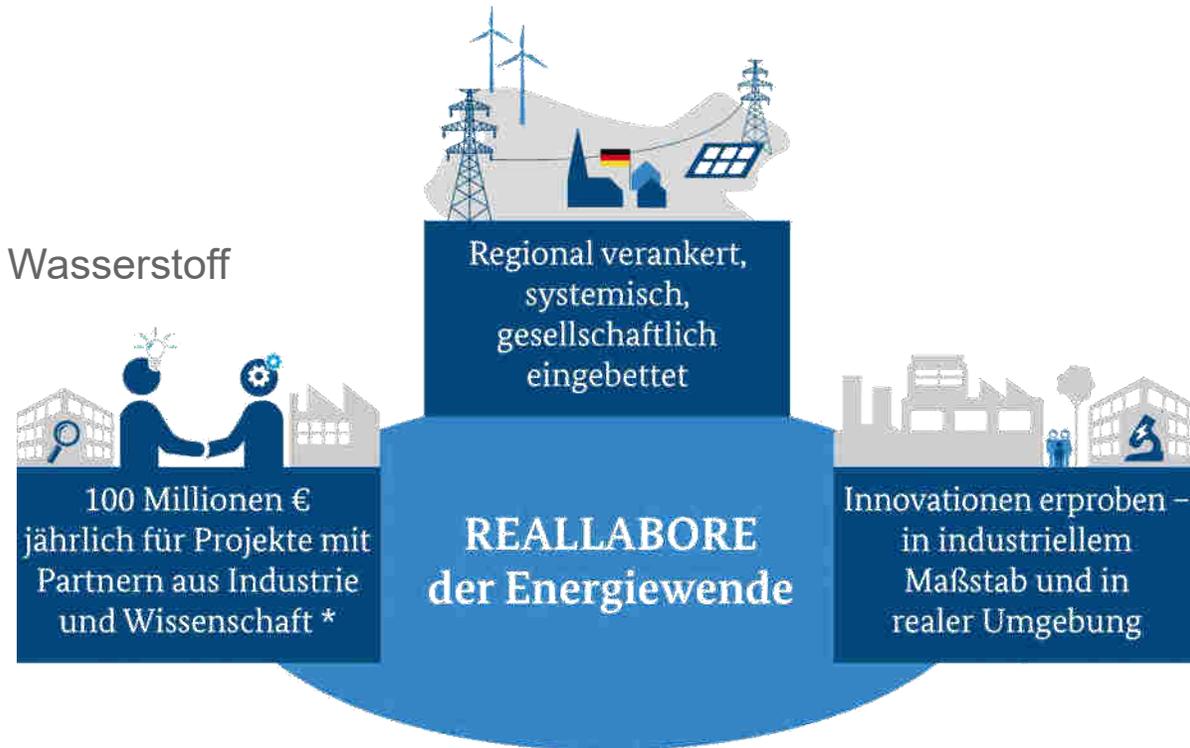


## Beitrag zur Energiewende

- Herstellung, Transport, Speicherung und Einsatz von grünem Wasserstoff
- Sektorenkopplung: Nutzung von Strom aus Windenergie in
  - Mobilität (Brennstoffzellenfahrzeuge)
  - Chemie (grüner Wasserstoff als Rohstoff)
  - Urbane Energieversorgung (Wärme und Strom)

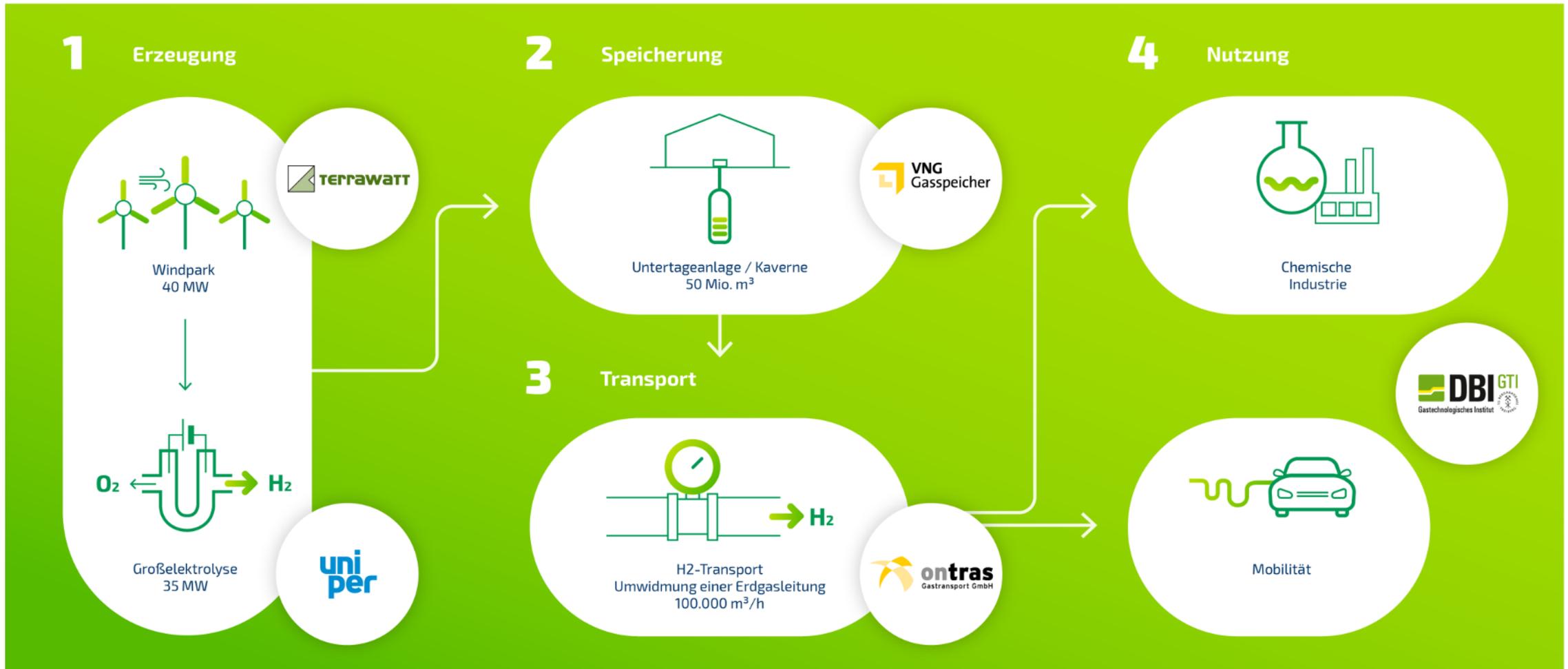
## Beitrag zum Strukturwandel

- Wertschöpfung in Mitteldeutschland:
  - von Erzeugung des Windstroms bis zur Nutzung des grünen Wasserstoffs
  - Sicherung von Arbeitsplätzen
- bietet der Industrie mehr Unabhängigkeit in der Wasserstoffversorgung

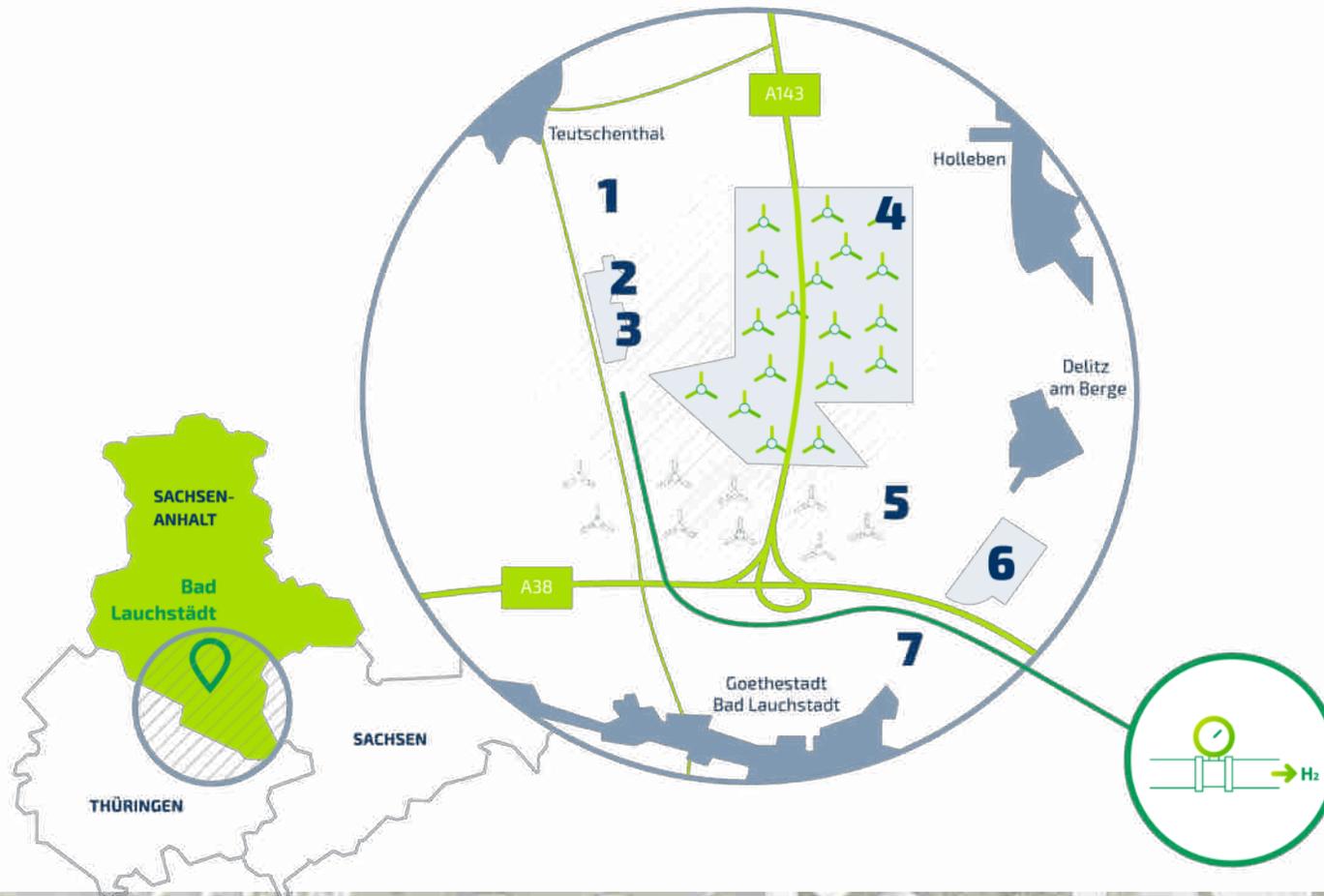


\* Hinzu kommen einmalig weitere 200 Millionen Euro für Reallabore in Strukturwandelregionen entsprechend des „Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen“

## Konzept „Energiepark Bad Lauchstädt“ 1/2



## Konzept „Energiepark Bad Lauchstädt“ 2/2

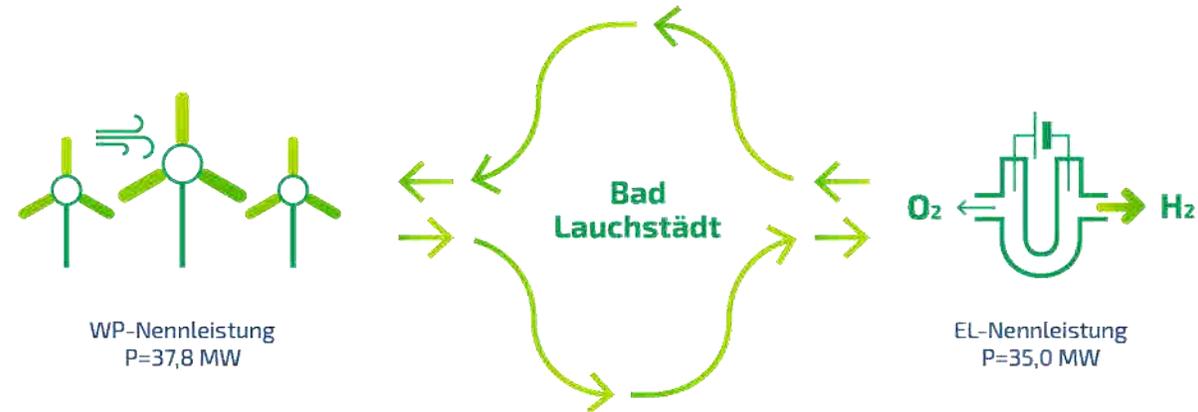


## Kartenlegende

- 1** Standort Salzkaverne
- 2** Leitwarte der VGS / Chemiestandort DOW
- 3** Standort Elektrolyse
- 4** Bestandswindpark
- 5** Windpark-Planung
- 6** 380 kV Umspannwerk der 50 Hertz
- 7** Umzuwidmende Erdgasleitung

## Technisches Konzept – Inselnetz

- Windpark (40 MW Leistung)
  - Sicherstellung der Schwarzstartfähigkeit
  - Eigenversorgung des Windparks bei Flaute
  - Komponenten: Generator mit Tank + Speicher
- Großelektrolyse (30 MW Leistung)
  - Auslegung für Inselbetrieb
  - Dynamisches Verhalten des Elektrolyseurs unter variabler Last
  - Komponenten: Leistungselektronik
- Direkte Anbindung Windpark und Großelektrolyse
  - ist ingenieurtechnische Herausforderung
  - einzelne Komponenten für sich sind erprobt
  - erstmalige Demonstration / Forschung an Zusammenspiel der einzelnen Komponenten
  - Regelung Windparkerzeugung/Elektrolysebetrieb zur Netzstabilität
  - Komponenten: Regelelektronik



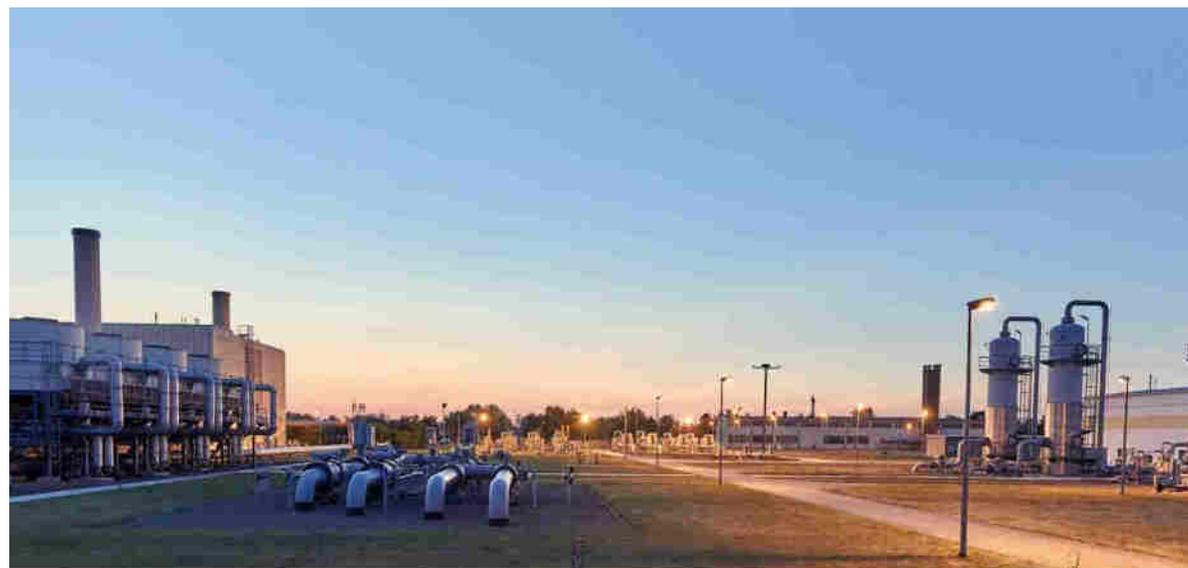
## Technisches Konzept – H<sub>2</sub>-Speicherung

### ■ Untertageanlage (UTA)

- Hohlraumvolumen 560.000 m<sup>3</sup>
- Kavernenstatus: Gefüllt mit Sole und Blanket
- H<sub>2</sub>-Volumen ca. 15 Mio. Nm<sup>3</sup> (Kissengas)
- H<sub>2</sub>-Volumen ca. 50 Mio. Nm<sup>3</sup> (Arbeitsgas)
- Arbeitsdruck ca. 30 – 140 bar

### ■ Obertageanlage (OTA)

- Einspeiserate max. 35.000 Nm<sup>3</sup>/h
- Ausspeiserate max. 100.000 Nm<sup>3</sup>/h
- Gasreinigung auf 99,96 % H<sub>2</sub>



Obertageanlage, Erdgasspeicher Bad Lauchstädt, Quelle: VGS

## Technisches Konzept – H<sub>2</sub>-Transport

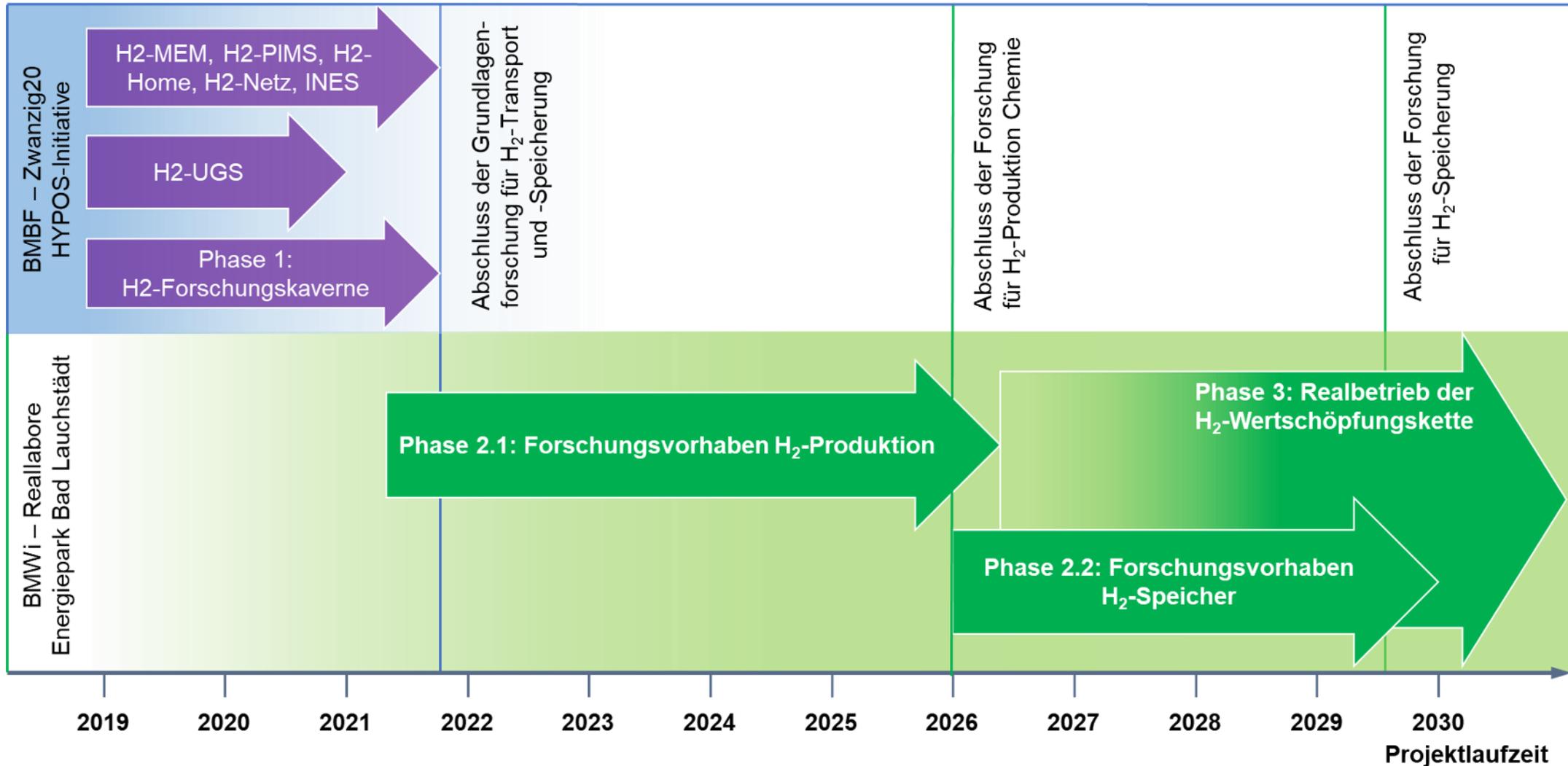
- Nutzung und Umwidmung von Erdgasleitungen für den Transport von Wasserstoff
  - Anbindung des Speichers an das H<sub>2</sub>-Netz der Linde AG
  - Trassenlänge Leuna – Bad Lauchstädt 20 km
  - DN 500 / PN 55 bar
  - Betriebsdruck 30 bar
- Anbindung an H<sub>2</sub>-Netz des mitteldeutschen Chemiedreiecks
  - Leitungslänge 150 km

### Kartenlegende

- 1** Energiepark Bad-Lauchstädt
- 2** Umzuwidmende Erdgasleitung
- 3** H<sub>2</sub>-Netz Linde
- 4** H<sub>2</sub>-Netz Mitteldeutsches Chemiedreieck



## Kontext und Ablaufplan für das Reallaborvorhaben



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

## Ihr Ansprechpartner

Prof. Dr. Hartmut Krause

DBI-Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg  
Halsbrücker Str. 34  
D-09599 Freiberg

Web: [www.dbi-gruppe.de](http://www.dbi-gruppe.de)

Tel.: (+49) 3731 4195-300

E-Mail: [Hartmut.krause@dbi-gruppe.de](mailto:Hartmut.krause@dbi-gruppe.de)

