

Die Rolle des Wasserstoffs in der Energiewende

Prof. Dr. Markus Hölzle

Vorstandsmitglied und Leiter des Geschäftsbereich Elektrochemische Energietechnologien

Vorsitzender des Beirates Wasserstoff-Roadmap am Umweltministerium Baden-Württemberg

Gemeinderat Schwäbisch Gmünd – Juni 2022



Kurzbiografie Prof. Dr. Markus Hölzle



1996	Promotion in Elektrochemie – Universität Ulm
1996	F&E bei BASF (Brennstoffzellen)
2002	Business Manager Katalysatoren, BASF SE
2005	Business Manager BASF Corp., Houston, TX, USA
2009	General Manager BASF Batteriematerialien
2012	Manager Kathodenmaterialien Asien, Tokio, JP
2016	Leiter F&E Entwicklung Kathodenmaterialien BASF
2020	Seit Oktober – Leiter des ZSW in Ulm

Das ZSW auf einen Blick

- **Stiftung des Landes Baden-Württemberg als gemeinnützige Forschungsorganisation:**
400 Mitarbeitende, ca. 45 Mio. € Jahresumsatz, 85% Fremdfinanzierung
- **Angewandte Forschung & Entwicklung zu neuen Energietechnologien:**
 - Batterien & Superkondensatoren: Materialien, Produktionstechnologien, Systeme, Qualifizierung
 - Wasserstoff & Brennstoffzellen: Stack-Technologie, Komponenten, Systeme, Produktionstechnologien, Testzentrum
 - Photovoltaik: Materialien, Dünnschichttechnologien (Perowskite) & Anwendungssysteme
 - Erneuerbare Brennstoffe: Wasserelektrolyse, Power-to-Gas, Biomassevergasung
 - Energiepolitik und -wirtschaft, Windenergie
- **Technologietransfer mit Fokus auf Mittelstand**

WINDENERGIE



PHOTOVOLTAIK



BATTERIEN



WASSERSTOFF



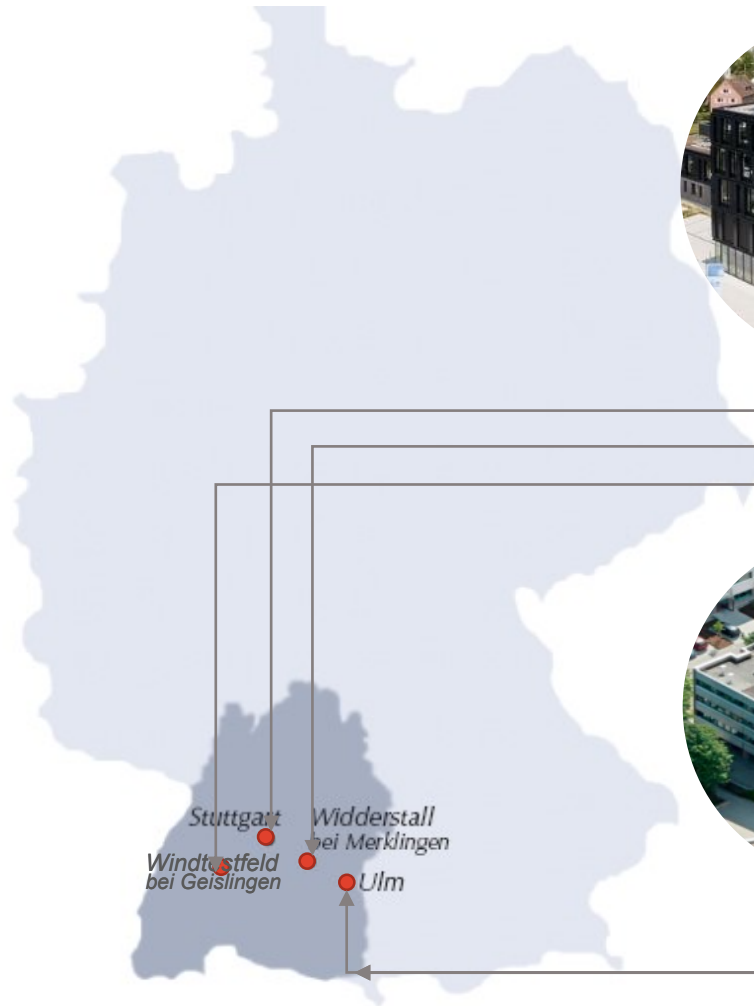
BRENNSTOFFZELLEN



POLITIKBERATUNG



ZSW Standorte



Stuttgart:

Photovoltaik mit Solab, Energiepolitik und Energieträger, Finanzen, IT, Personal, Recht; Solar-Testfeld in Widderstall & Windtestfeld Stötten (Schwäbische Alb)



Ulm:

Elektrochemische Energietechnologien mit Labor für Batterietechnologie (eLaB) & Forschungsfabrik für Wasserstoff und Brennstoffzellen (HyFaB)

Das ZSW in Ulm 2022

Wissenschaftliche Themen:	Brennstoffzellen / Wasserstoff und Batterien
Forschungsförderung:	16 Mio. € öffentliche Förderprojekte plus 12 Mio. € Industrienaufträge
Investitionen:	20 Mio. €; anteilig 7 Mio. € vom ZSW
Mitarbeitende:	> 200

Helmholtzstraße (seit 1993)

- Brennstoffzellen- und Batterieforschung
- Materialentwicklung für Lithium-Ionen-Batterien
- Grundlagenforschung & Analytik
- Werkstätten



eLaB (seit 2012)

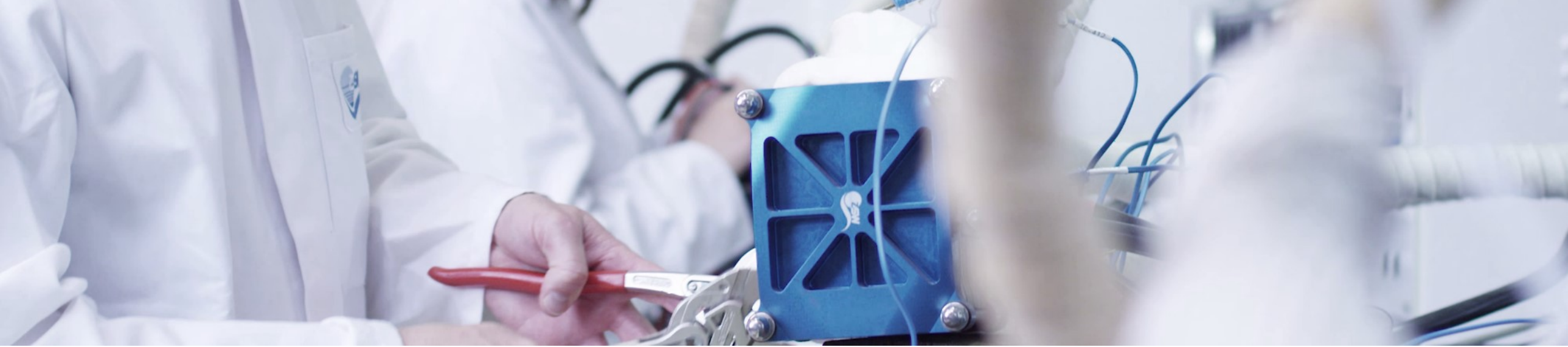
- Batterieaktivitäten mit Fokus auf Zellbau
- Forschungsproduktionslinie für automobile Batterien (FPL)
- Batteriesicherheitstechnik



HyFaB (ab 2022)

- Brennstoffzellen-Forschungsfabrik für die PEM-Stacks
- Größtes unabhängiges Brennstoffzellentestfeld in Europa
- Wasserstofflabor HyLaB



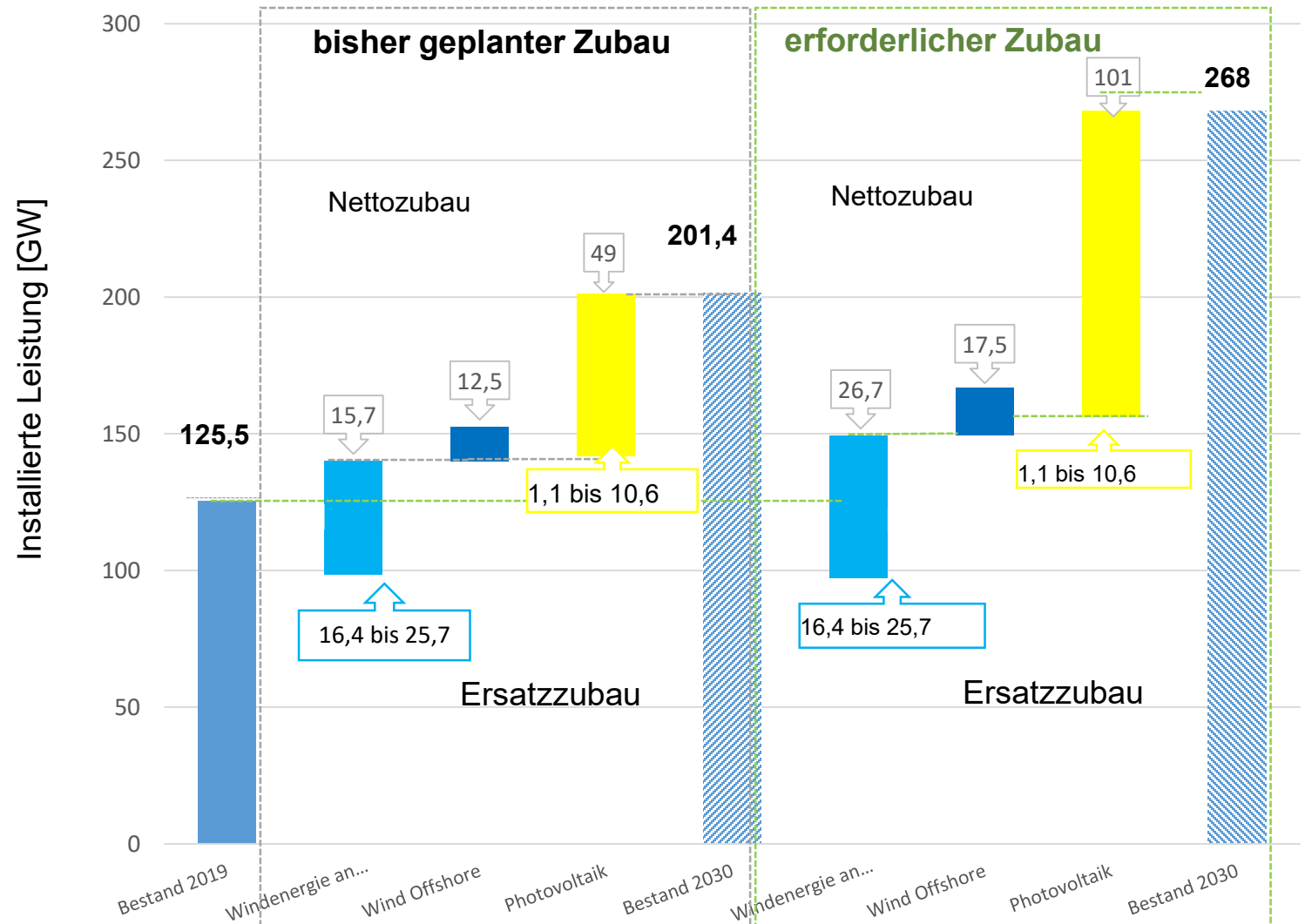


WIE KANN DIE ENERGIEWENDE GELINGEN?

Perspektiven der erneuerbaren Stromerzeugung bis 2030

Ausbau der Erneuerbaren bei einem Treibhausgasminderungsziel von -65%

- Um das Klimaziel für 2030 zu erreichen, muss der Ausbau von Photovoltaik und Wind deutlich beschleunigt und die installierte Leistung aller erneuerbarer Energien verdoppelt werden.
- Im Mittel müssen **pro Jahr etwa 10.000 MW Photovoltaik und 4.000-5.000 MW Wind an Land** zugebaut werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass zunehmend auch Altanlagen ersetzt werden müssen.



Quelle: Expertenkommission der Bundesregierung
02/2021, www.bmwi.de

Quelle: AGORA

Primärenergieversorgung Deutschland heute



Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen für das Jahr 2019

Hüwener | Deutsche Wasserstoffvollversammlung | 26.01.2021

- **70 % der notwendigen Primärenergie** werden von Deutschland **importiert**
- In 20 Jahren wurde der Anteil an grünem Strom auf 50% gesteigert
- Das sind 12 % des Primärenergiebedarfs!
- **Gesamter Anteil an erneuerbaren Energien am deutschen Primärenergiebedarf 2020: 17%**

Primärenergieversorgung Deutschland morgen (>2045)



Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen für das Jahr 2019

Hüwener | Deutsche Wasserstoffvollversammlung | 26.01.2021



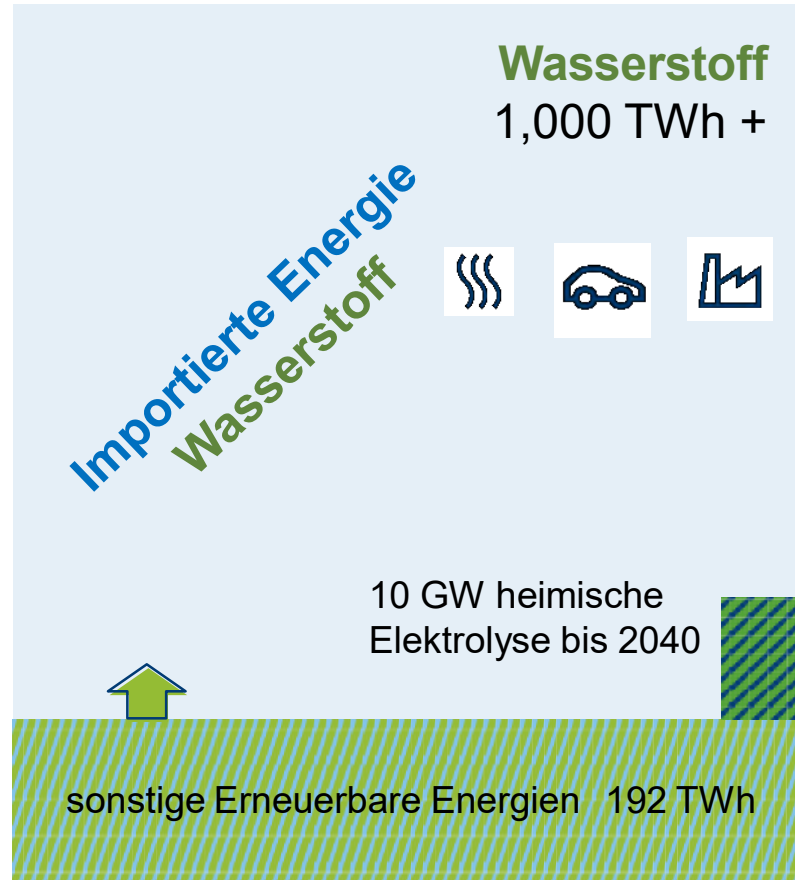
- Wasserstoff als global wandelbarer, CO₂-freier Energieträger
- Strombedarf vermutlich deutlich höher als 502 TWh (→ 800 TWh)

Primärenergieversorgung Deutschland morgen (>2045) als 50:50

Mix aus grünem Strom und grünem Wasserstoff



Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen für das Jahr 2019



Hüwener | Deutsche Wasserstoffvollversammlung |
26.01.2021

- **Verdopplung** des im Land erzeugten Stroms auf 100% regenerativen Strom ist möglich
- **Vergleichbare Größenordnungen** von im Land erzeugter und importierter Primärenergie
- Hierzu müssen aber 500 TWh Primärenergiebedarf über Effizienzsteigerung reduziert werden



©The Linde Group

WASSERSTOFF

Wasserstoff – Einige Fakten zum Einstieg

- Wasserstoff ist **gasförmig** und das **häufigste Element** des Universums
- Wasserstoff **kommt auf der Erde nicht als solches vor** sondern wird „on-purpose“ hergestellt
 - Die Herstellung erfolgt heute fast ausschließlich aus Erdgas und Erdöl
 - Bei dieser Art der Herstellung entstehen große Mengen an CO₂
 - Die Herstellung zukünftig durch Spaltung von Wasser mittels grünem Strom erfolgen
- Wasserstoff ist die **volumenmäßig größten Chemikalien** weltweit
 - Ohne Wasserstoff keine Düngemittel
 - Ohne Wasserstoff kein Benzin / Diesel
 - Ohne Wasserstoff keine Chemikalien, Kunststoffe, Arzneimittel...
- Wasserstoff wird in der Regel **dort produziert, wo er auch verbraucht wird**, deshalb bleibt er für den Normalbürger eine große Unbekannte
- **Wasserstoff und elektrischer Strom** werden das Rückgrat unserer zukünftigen, CO₂-freien Energieversorgung darstellen

Die „Farbenlehre“ des Wasserstoff

Pink: Wasserstoff aus Kernenergie

Grau: Fossile Brennstoffe (Erdgas oder Erdöl). Das gebildete CO₂ entweicht in die Atmosphäre

Blau: Fossile Brennstoffe über Dampfreformierung. Das gebildete CO₂ wird abgetrennt und in Untertagespeichern eingelagert (CCS)

Türkis: Spaltung von Methan (Methanpyrolyse); an Stelle von CO₂ entsteht fester Kohlenstoff

Grün: Erneuerbare Energien für die Spaltung von Wasser mittels Elektrolyse.
In kleinem Umfang auch Wasserstoff aus Biomasse

Wasserstoff ist ein Alleskönner und kann in ALLEN Sektoren eingesetzt werden und diese koppeln



Wasserstoff ist das zukünftige Rückgrat und Bindeglied der Energieversorgung und gleicht das wechselnde Angebot an grünem Strom aus – frei von CO₂ Emissionen



Tomasz Wyszamirski, Getty Images/iStockphoto



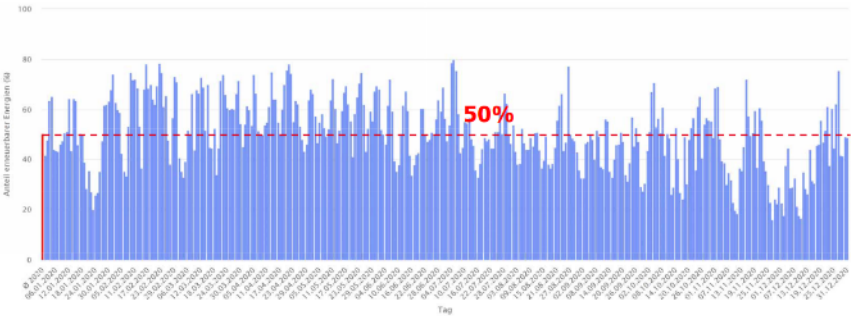
Quelle: Focus online



Quelle: biogasanlagen-infor.de

Wasserstoff

Täglicher Anteil erneuerbarer Energien an der öffentlichen Nettostromerzeugung, Jahr 2020



Der tägliche Anteil erneuerbarer Energien an der Nettostromerzeugung lag 2020 zwischen 16,5% am 10.12.2020 und 79,9% am 05.07.2020.

Grafik: B. Bürger, Fraunhofer ISE; Quelle: https://energy-charts.info/charts/renewable_share/chart.htm

18

© Fraunhofer ISE
DHL-GP-ISE-INTERNAL

Fraunhofer ISE

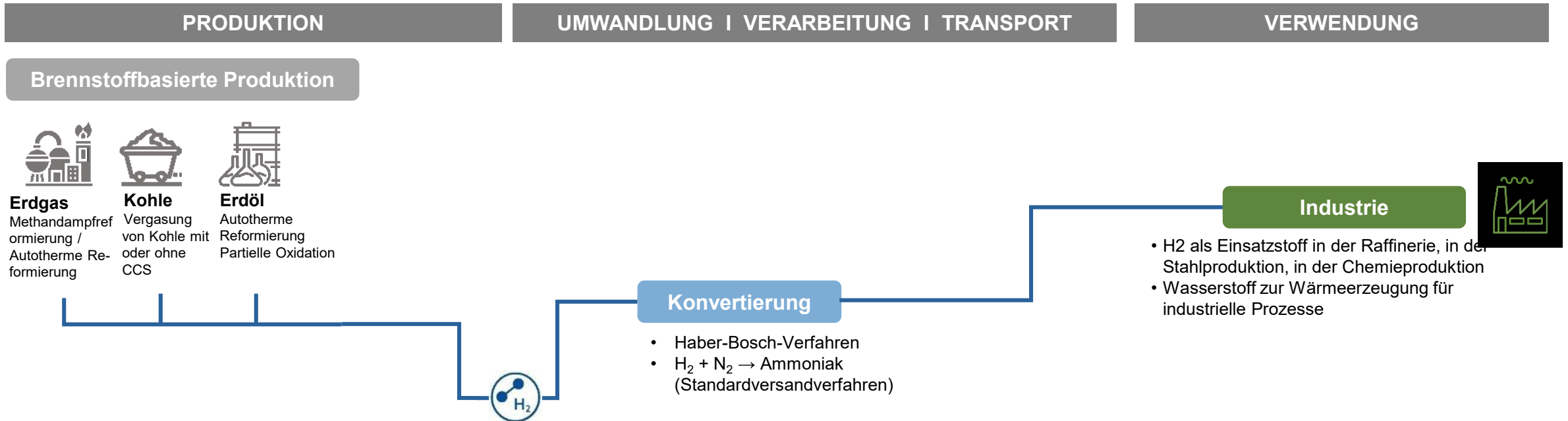


Quellen: Viessmann / Feudenberg / Siemens



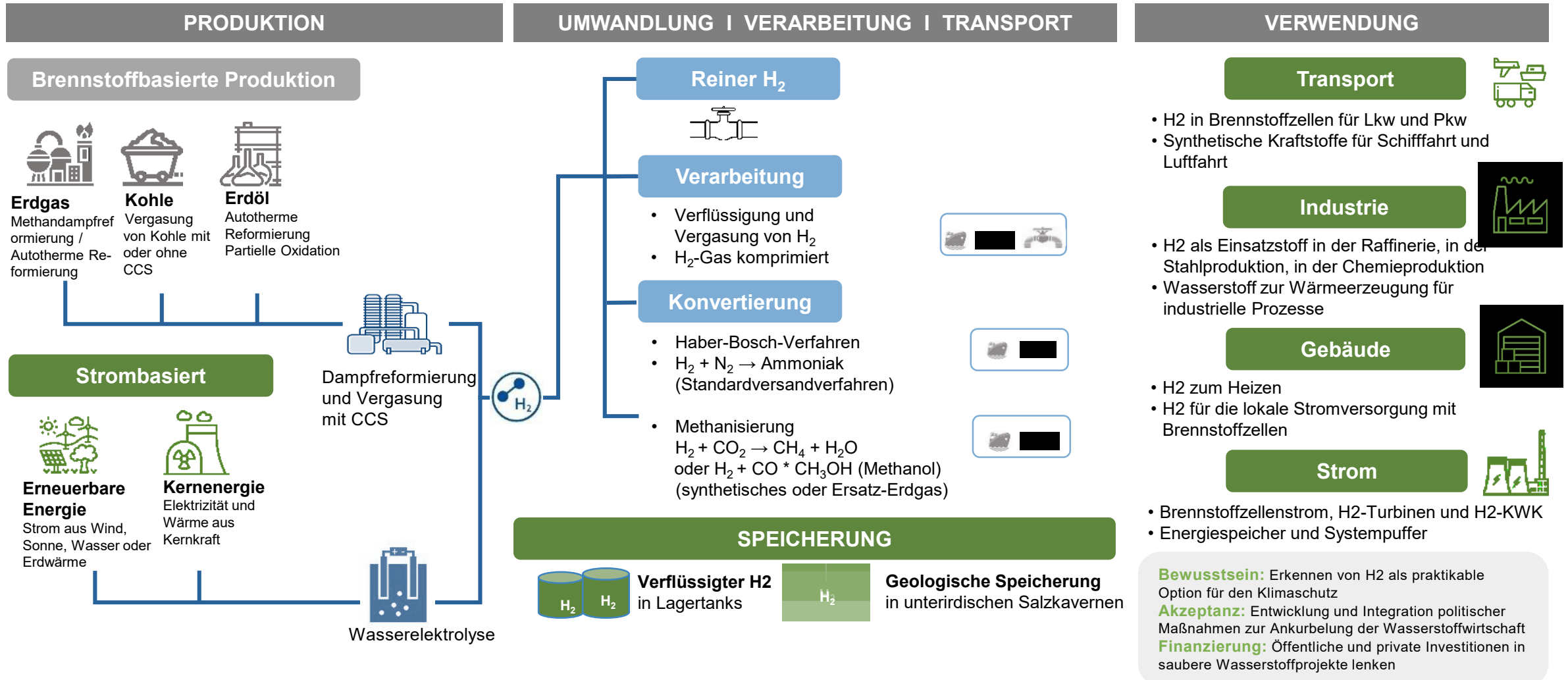
Wertschöpfungskette Wasserstoff – Heute

Produktion und Nutzung von grauem Wasserstoff „on-purpose“



Wertschöpfungskette Wasserstoff – Heute und Morgen

Aus grauem Wasserstoff wird grüner Wasserstoff. Aus einem Chemierohstoff ein Multitalent.



Wasserstofftransport heute...



Trailer 350 bar

Heute gängigste Transportform
Ca. 400 kg / Lkw

Energiebedarf zur Verdichtung:
9% des Energieinhalts



Trailer bis 500 bar

Aktuelle technische Obergrenze
Bis 1.100 kg / Lkw

Energiebedarf zur Verdichtung:
12% des Energieinhalts



Flüssiger Wasserstoff

Heute gängige Transportform
Temperatur: -253 °C
Ca. 4.000 kg / Lkw
Einzige Quelle in D: Leuna

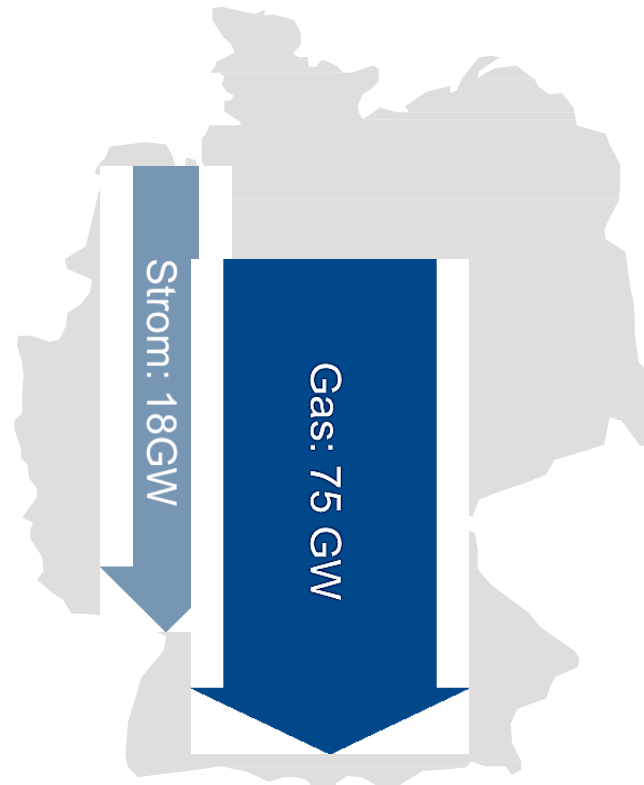
Energiebedarf zur Verflüssigung:
33% des Energieinhalts

...und in der Zukunft unter Nutzung der Erdgasinfrastruktur

- Eine Gaspipeline transportiert soviel Energie wie acht Hochspannungsleitungen

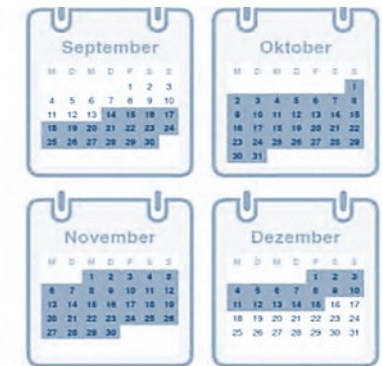


- Riesige Nord-Süd-Transportkapazitäten im deutschen Gasnetz vorhanden



Quelle: Frontier Economis, Grober Vergleich der bestehenden Strom- und Gastransportkapazitäten von Nord- nach Süddeutschland

- Deutsche Gas-Speicherkapazitäten: drei Monate



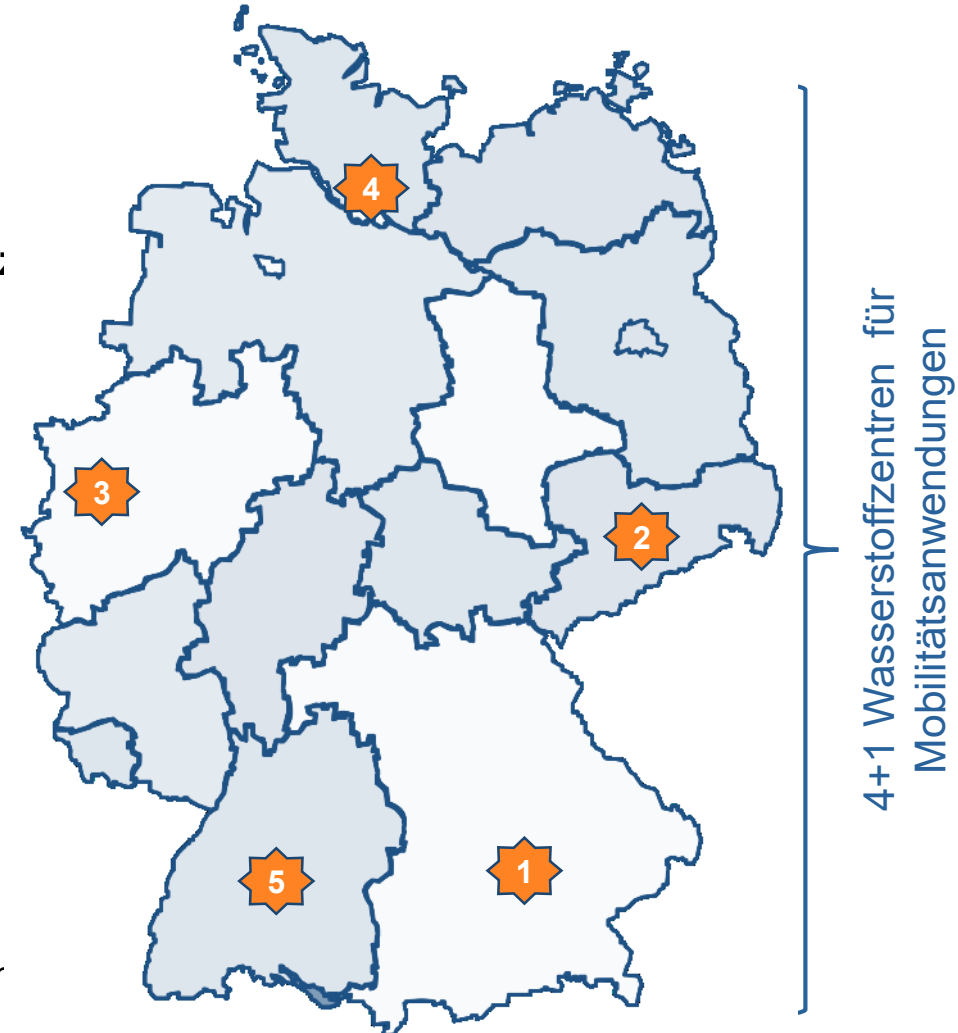
- Strom 36 Minuten



Quelle: DVGW

Wasserstoffzentren auf Bundesebene: 4 + 1 Technologie- und Innovationszentren - 370 Millionen Euro bis 2024

- 1. Wasserstoff Technologie-Anwenderzentrum (WTAZ) in Peffenhausen bei Landshut**
 - Technologietransfer & angewandte F&E. Fokus Flüssigwasserstoff;
 - Förderung bis zu **100 Millionen Euro**
- 2. Hydrogen and Mobility Innovation Center (HIC) in Chemnitz**
 - Brennstoffzellen für Fahrzeuganwendungen;
 - Förderung bis zu **60 Millionen Euro**
- 3. Technologie- und Innovationszentrum Wasserstoff-technologien (TIW) in Duisburg**
 - Test/Prüfung von BZ- Antriebssystemen für Straße, Schiene, Wasser- & Flugverkehr, Aus- & Weiterbildung (Startup & KMUs);
 - Förderung bis zu **60 Millionen Euro**
- 4. Innovations- und Technologiezentrum Wasserstoff (ITZ) Norddeutschland Bremen/Hamburg/Stade**
 - Wasserstofftechnologie für Luft- & Schifffahrt;
 - Förderung bis zu **70 Millionen Euro**
- 5. HyFaB in Ulm und Freiburg**
 - Industrialisierung von Brennstoffzellenstacks und deren Komponenten
 - Förderung bis zu **80 Millionen Euro**





HyFaB-1: Blick auf die Brennstoffzellentesthalle am 14.3.22 (Spatenstich war am 9.2.21)

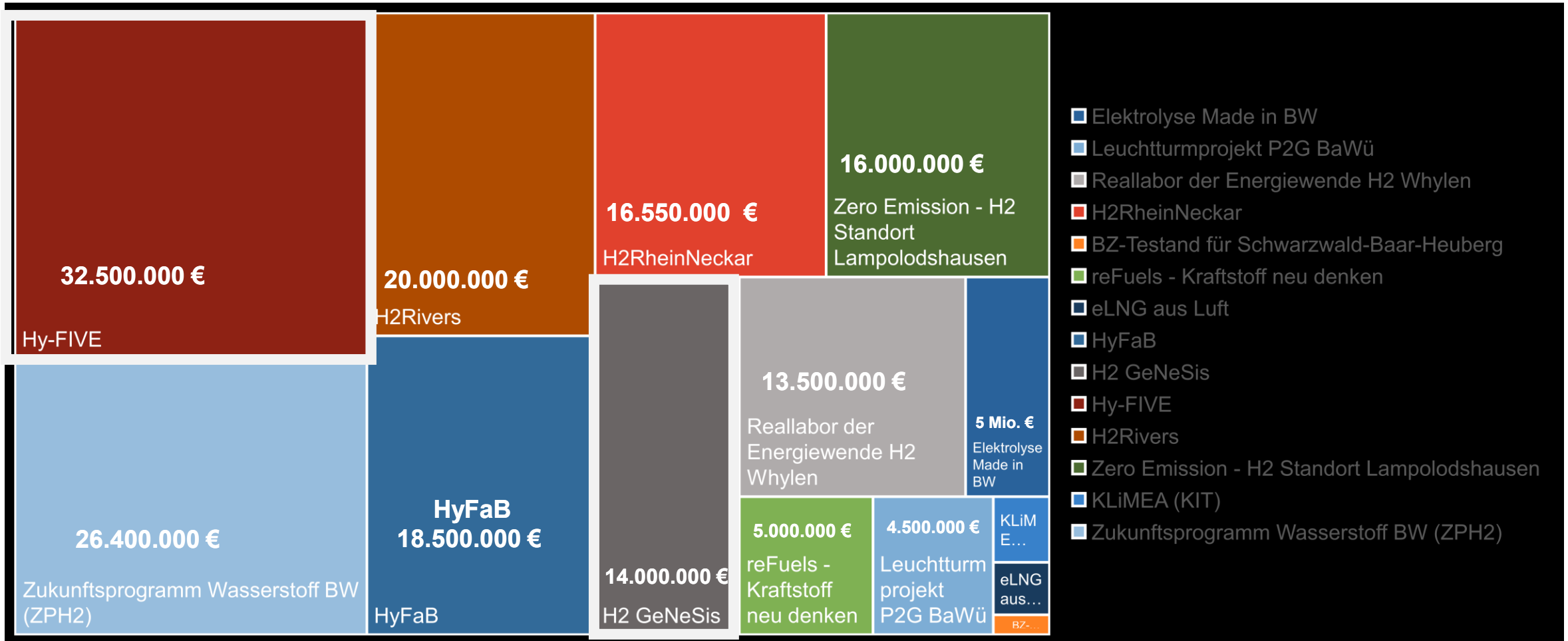


HyFaB-1: Blick ins Brennstoffzellentestzentrum - aktuell sind 50 Teststände gesichert (1 kW – 200 kW)



WASSERSTOFFPROJEKTE IN BADEN-WÜRTTEMBERG

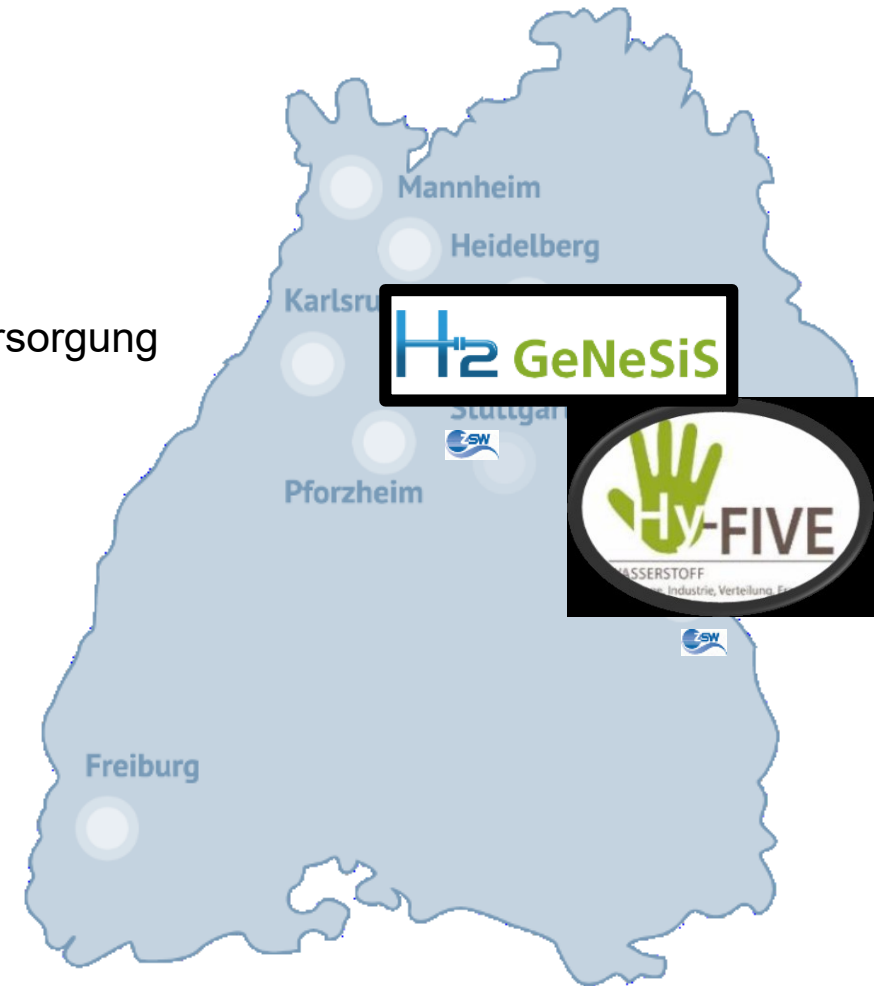
Wasserstoffaktivitäten in Baden-Württemberg: 174.550.000 Euro



Quelle: Datenbank eMobil BW - Stand 21.02.2022

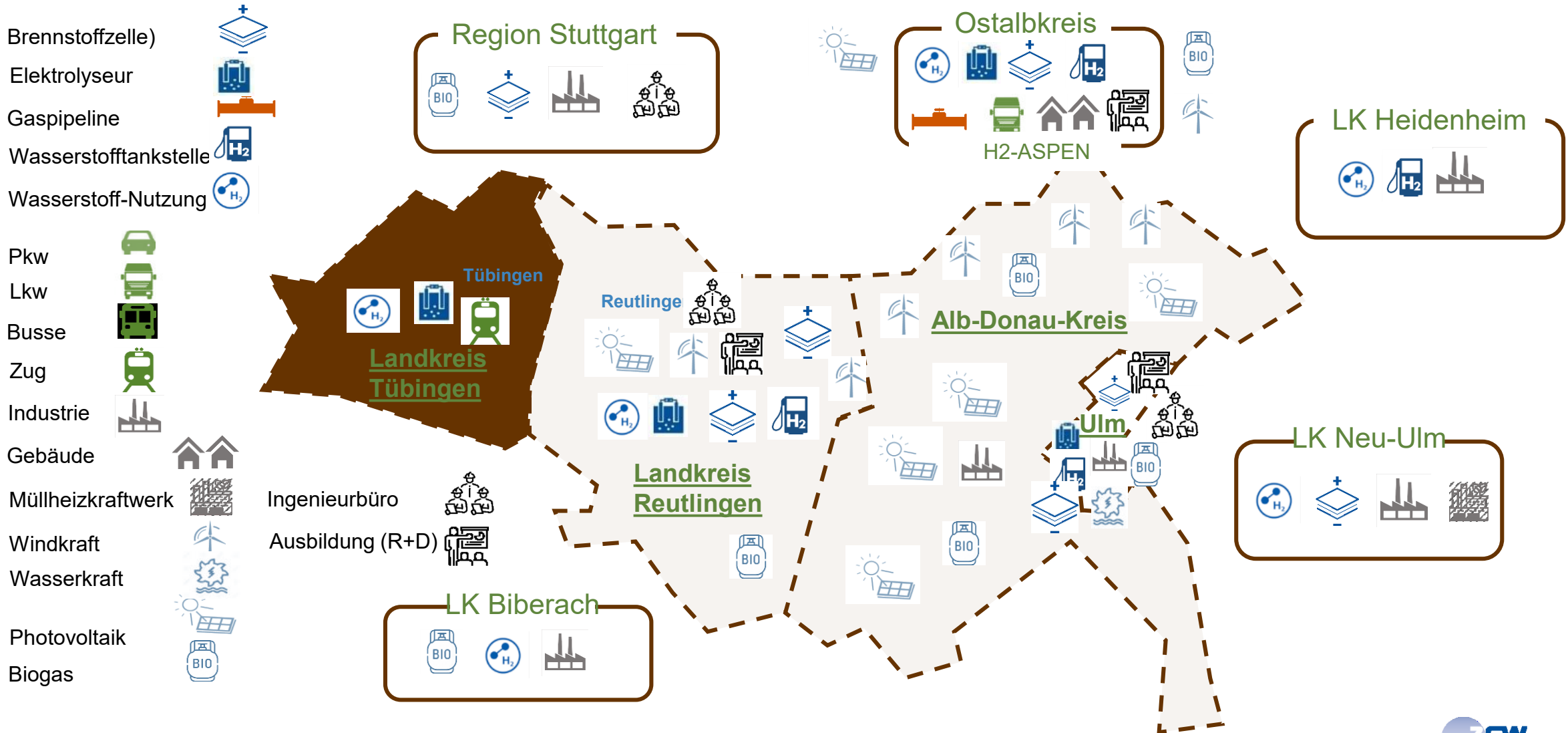
ZSW ist an beiden Modellregionen für Grünen Wasserstoff in Baden-Württemberg federführend beteiligt!

- **HY-FIVE** Region Mittlere Alb – Donau
 - 60 Mio. Gesamtbudget, davon 50% Förderung
 - Elektrolyse, Lkw, Wärmenutzung, Transport,,
 - Z.B. 1 MW Elektrolyse der Stadtwerke Ulm am ZSW zur H₂-Versorgung
- **H₂ GeNeSis**
 - 20 Mio. € Gesamtbudget, davon 50% Förderung
 - H₂-Pipeline Stuttgart-Esslingen als Herzstück
 - Testplattform für Elektrolyseure des ZSW



Kernregion Mittlere Alb-Donau mit angeschlossenen Landkreisen

Zuordnung der Aktivitäten



Die vier Leuchttürme im Hy-FIVE Projekt

Leuchtturm 1: H₂-Factory – Grüner Wasserstoff für existierende Verbraucher

Grüner Wasserstoff aus Wasserelektrolyse
Region: Ulm

Standort am ZSW erlaubt Integration von bestehender Tank-/ Verladeinfrastruktur
Weiterer Standort im Industriegebiet Donautal

Leuchtturm 3: H₂-Aspen – Wasserstoff-Technologiepark in Schwäbisch Gmünd

H₂-Aspen: Neuer Industriepark (60 ha)
Region: Schwäbisch Gmünd

Im Zentrum: 10 MW PEM-Wasserelektrolyse
Ausschließliche Nutzung von regenerativer Primärenergie.

Leuchtturm 2: H₂-ToGo – Wasserstoff für Lkw-Brennstoffzellenantriebe in der Logistik

Wasserstoff für den Einsatz in der Mobilität
Region: Ulm

Nutzung im Bereich Lkw, kommunale Fahrzeuge
Im Zentrum: Flottentest 40-Tonner Lkw von IVECO mit

Leuchtturm 4: H₂-Grid – Vernetzung von dezentraler Wasserstoffherzeugung und Verbrauch

Dezentrale Wasserstoffanlagen in Kommunen, Quartieren, Industrie, Haushalten
Region: Tübingen/Reutlingen

Lokaler und netzübergreifender Betrieb und H₂-Vermarktung, Sektorkopplung

Die Hy-Land Förderung des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV)

Die HyLand-Projekte im Überblick:

HyStarter

HyLand I: 9 Regionen, HyLand II: 15 Regionen –
Aktivierung, Organisation der Akteurslandschaft



Unterstützung bei ersten Studien
zum Thema Wasserstoff in der
jeweiligen Region.

Vorbereitung zur Ausschreibung
HyExpert.

HyExperts

HyLand I: 13 Regionen, HyLand II: 15 Regionen –
Erstellung von umsetzungsreifen Konzepten



300.000 € / 400.000 € Förderung
je Region

Erarbeitung einer Roadmap zur
Einführung von Wasserstoff in der
jeweiligen Region.

HyPerformer

Hyland I: 3 Regionen – Entwicklung und
Umsetzung konkreter Wasserstoffprojekte



> 20 Mio. € Förderung je Region

Aufbau einer
Wasserstoffinfrastruktur mit
fokussierten Anwendungen wie
z.B. Verkehr.

Hy-Expert Ulm: Fokus Industrie und Verkehr

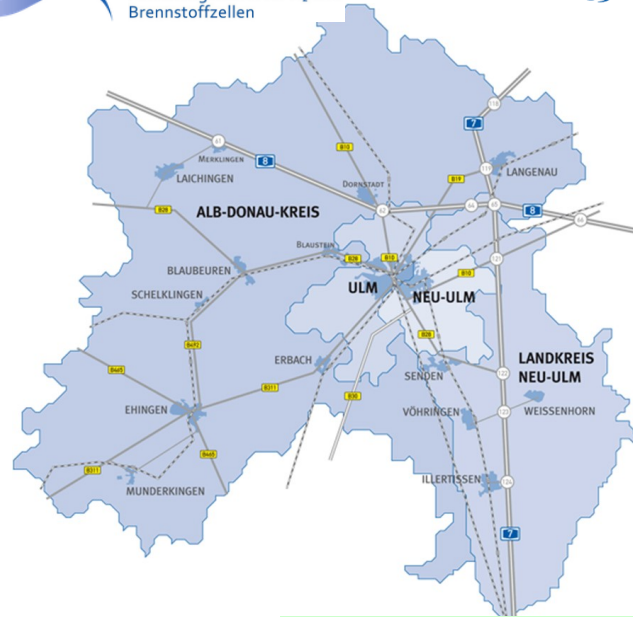
OEM + Zulieferer



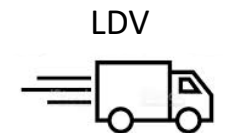
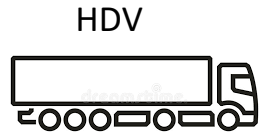
Industrie



Forschung



Logistik



Energieversorger



Hy-NATuRe – Wasserstoff -Neckar-Alb-Tuebingen-Reutlingen



01.06.2022 | DR. MEIKE WIDDIG – KLIMASCHUTZBEAUFTRAGTE LADRATSAMT REUTLINGEN

H₂ - OSTWÜRTTEMBERG ZUKUNFT GESTALTEN MIT WASSERSTOFF



umsetzungsreifes Gesamtkonzept für
eine regionale Wasserstoffwirtschaft
in der Region Ostwürttemberg

HyExpert-Programm:

Ziel des Projekts ist die Erarbeitung von
Machbarkeitsstudien für
konkrete Wasserstoff-Projekt vor Ort.

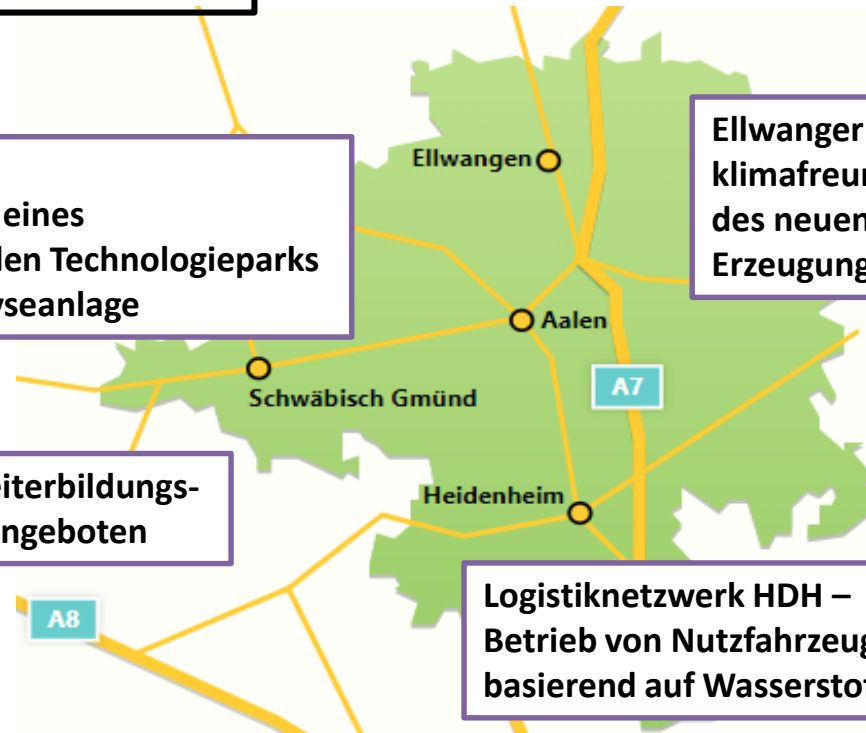
Als Fördersumme stellt das
Bundesministerium
für Digitales und Verkehr
400.000 € zur Verfügung.

H2-Aspen –
Entwicklung eines
klimaneutralen Technologieparks
mit Elektrolyseanlage

Schaffung von Weiterbildungs-
und Ausbildungsangeboten

Ellwanger Südstadt:
klimafreundliche Wärmeversorgung
des neuen Stadtteils und
Erzeugung von Wasserstoff

Logistiknetzwerk HDH –
Betrieb von Nutzfahrzeugen
basierend auf Wasserstoff



Hy-FIVE liegt auf einer zukünftigen süddeutschen H₂-Magistrale



Zusammenfassung

- **Die Energiewende ist möglich**
 - Grüne Technologien sind verfügbar und bezüglich ihrer Kosten wettbewerbsfähig
 - Politik und Gesellschaft wollen in weiten Teilen eine Energiewende
 - Grüner Strom und Wasserstoff sind das Rückgrat der Energiewende
 - Grüne Technologien und grüne Infrastruktur müssen schnell und parallel hochskalieren und implementiert werden
- **Die Energiewende ist mehr als eine wissenschaftliche Spielwiese**
 - Versorgungssicherheit mit Energie ist ein Grundrecht der Bevölkerung
 - Wir können unsere neuen Energiepartner der Zukunft selbst bestimmen
 - Gesellschaftliche Akzeptanz kommt durch kluge politische Weichenstellungen, zielgerichtete Subventionen und den Mut zu Korrekturen
- **Zahlreiche Förderprogramme zum Thema Wasserstoff geben Starthilfe**
 - 3 x Hy-Expert, 2 x Hy-Starter und 1 x Hy-FIVE Modellregion
 - Wasserstoff wird und muss sichtbar für alle werden
- **Es wird viel zu tun geben auf dem Weg zur CO₂-Neutralität 2045 – aber dann sind wir fertig!**

VIELEN DANK FÜR IHR INTERESSE

Prof. Dr. Markus Hölzle

E-Mail: markus.Holzle@zsw-bw.de



Stuttgart



Ulm



Ulm eLaB



Ulm HyFaB



Widderstall



Stötten