NOW-GMBH.DE

Husum | 11. September 2019

STUDIE INTEGRIERTES ENERGIEKONZEPT 2050

Welches Potenzial hat Wasserstoff für unser künftiges Energiesystem?

Dr. Geert Tjarks| Bereichsleiter Internationale Kooperation, NOW GmbH

NOW
NOW-GMBH.DE

1 NOW GmbH

2 Potenzial von Wasserstoff

3 Studie IEK2050 / IndWEDe

4 Aktuelle Aktivitäten und Projekte

NOW GMBH

1

NOW GMBH

- **NOW: National Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie**
- **GmbH**: Alleinige Gesellschafterin ist die Bundesrepublik Deutschland (vertreten durch BMVI)
- **Gegründet 2008** zur Umsetzung des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP)
- Heutiger Auftrag: **Gestaltung, Koordination und Umsetzung nationaler Strategien und öffentlich-privater Programme im Technologiefeld nachhaltiger Mobilität und Energieversorgung**
- Derzeit **43 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter**

Fasanenstr.5 | 10623 Berlin | Deutschland
Telefon: +49 30 311 61 16-00
Email: kontakt@now-gmbh.de
Internet: www.now-gmbh.de

AKTIVITÄTEN DER NOW GMBH

Ganzheitliche Umsetzung von Regierungsprogrammen

NOW
NOW-GMBH.DE

Elektromobilität vor Ort

Forschung und Entwicklung, Beschaffung, Konzepte

Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur

Flächendeckender Ausbau von Normal- und Schnellladepunkten

Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie

Pilotprojekte, LNG für Schiffsanwendungen

Exportinitiative Umwelttechnologien

Deutsch-Japanische Kooperation im Bereich der PtX-Technologie; H2/BZ im Bereich der Entwicklungszusammenarbeit (mit GIZ)

NIP*

Forschung und Entwicklung, Beschaffung

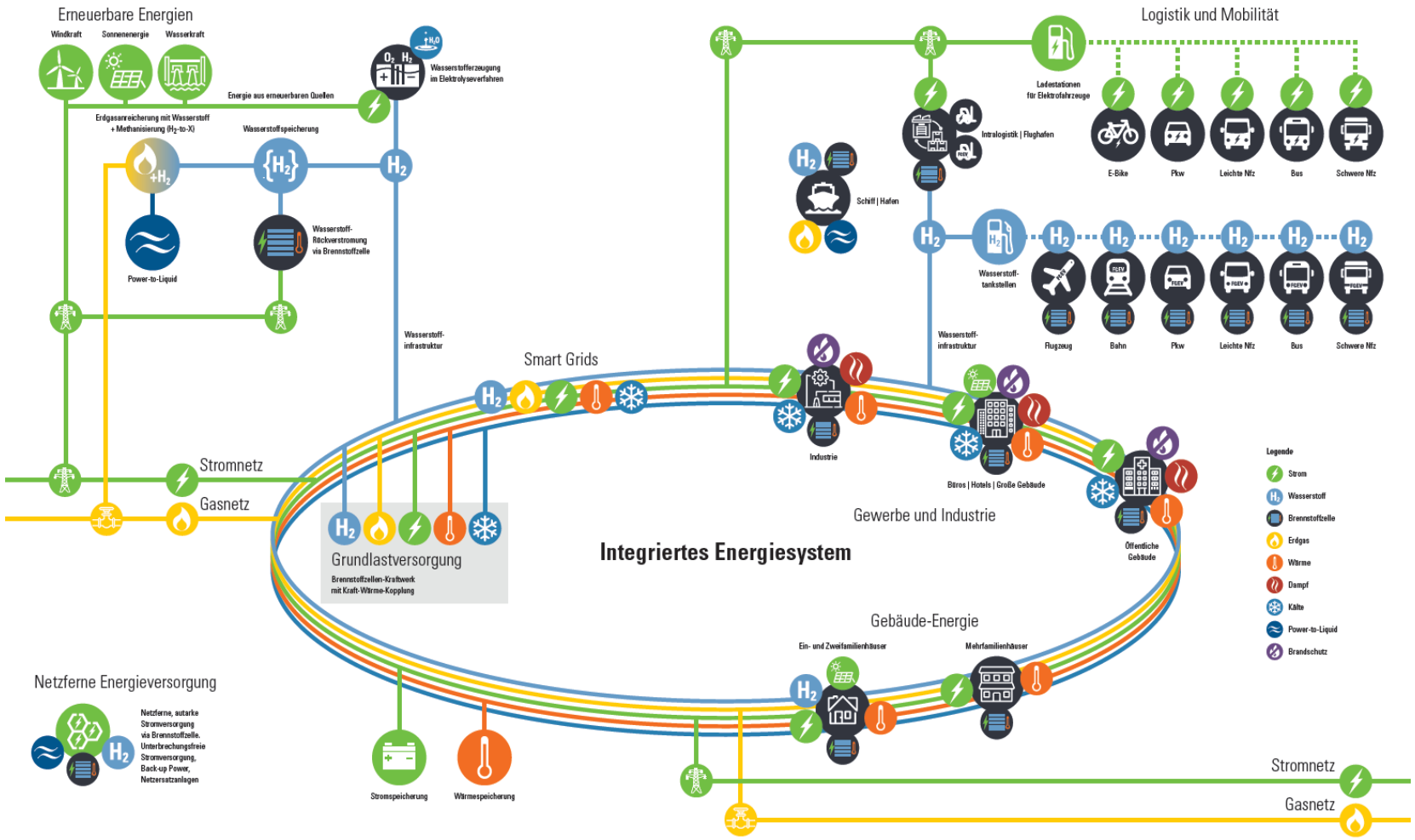
Koordination
Implementierung
Netzwerk
Akzeptanz
Sichtbarkeit

Quelle: NOW GmbH

* Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzelle

WASSERSTOFF IM ENERGIESYSTEM

Integriert, effizient und vernetzt über alle Sektoren



POTENZIAL VON WASSERSTOFF

2

STATUS QUO H2

Einsatz in der Industrie

- Chemische Industrie 65 %
- Raffinerie
- Eisen & Stahl 25 %
- Sonstige Industrie 10 %

POTENZIAL H2

Weltweites Potenzial nutzen

- Gesamter Markt weltweit: 55 Mio t (2015)
- Produktion H_2: mehr als 95 % aus fossilen Quellen
- Damit allein > 800 Mio. t CO_2 durch H_2 Produktion

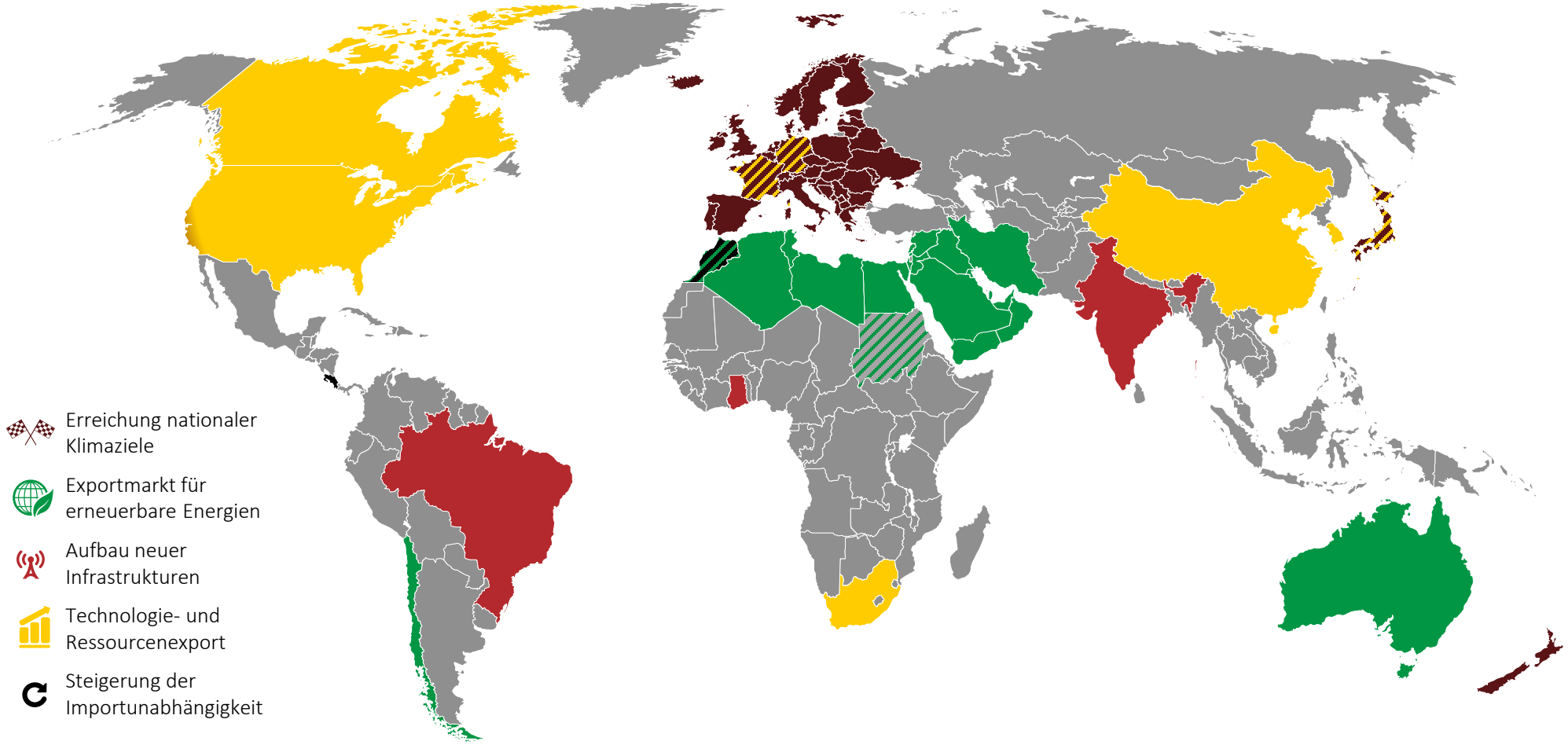
500 Mio. t CO_2 Emissionen für Ammoniak-herstellung (> 1% globaler CO_2 Emissionen)

Abschätzung Potential 2050 global

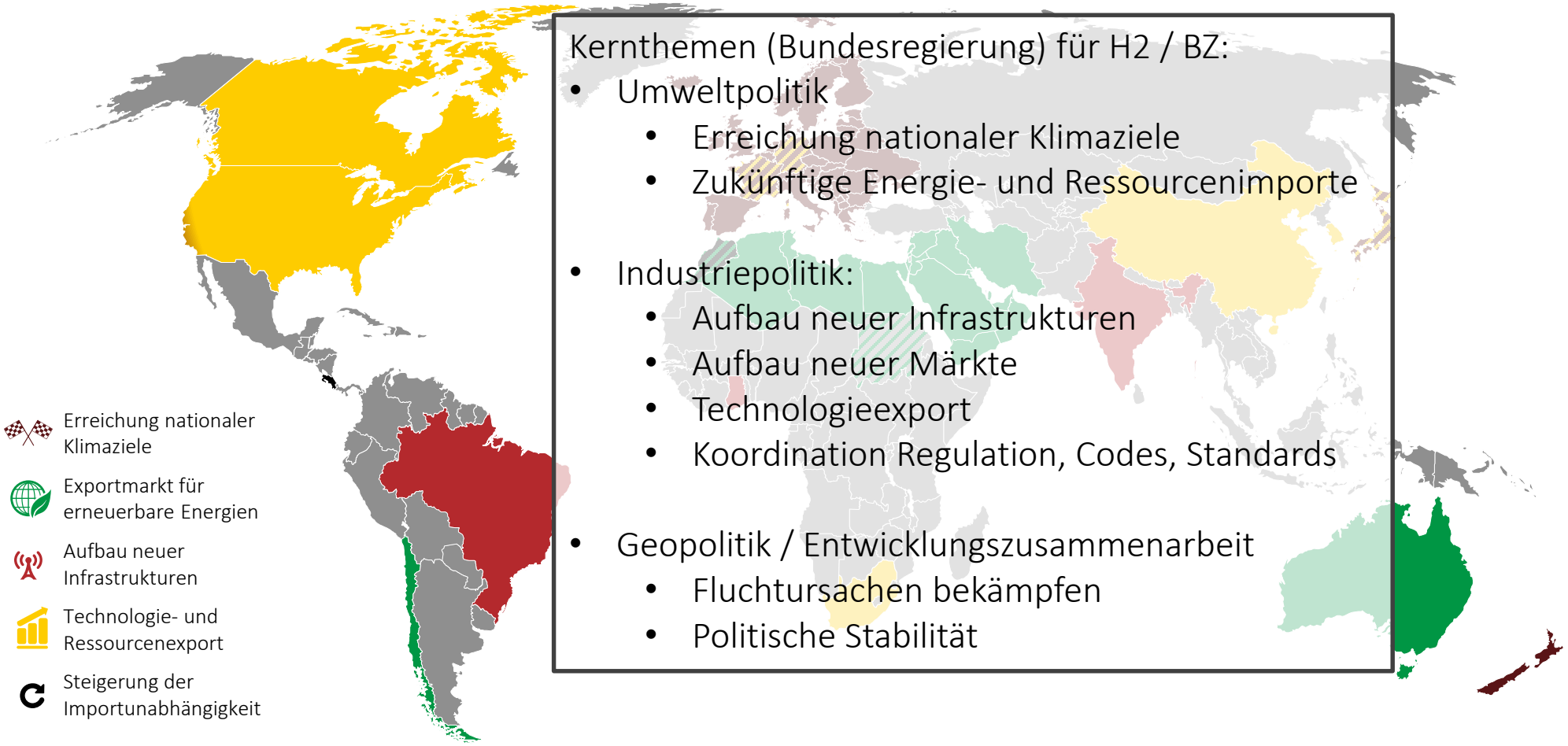
18% finalen Energiebedarfs	Vermeidung von 6 Gt CO_2 jährlich
2.5 Billionen $ Markt jährlich	Bis zu 30 Mio. Jobs

Quelle: Hydrogen Council, IEA ETP Hydrogen and Fuel Cells CBS, National Energy Outlook 2016

GLOBALE MOTIVATION FÜR WASSERSTOFFTECHNOLOGIEN



GLOBALE MOTIVATION FÜR WASSERSTOFFTECHNOLOGIEN

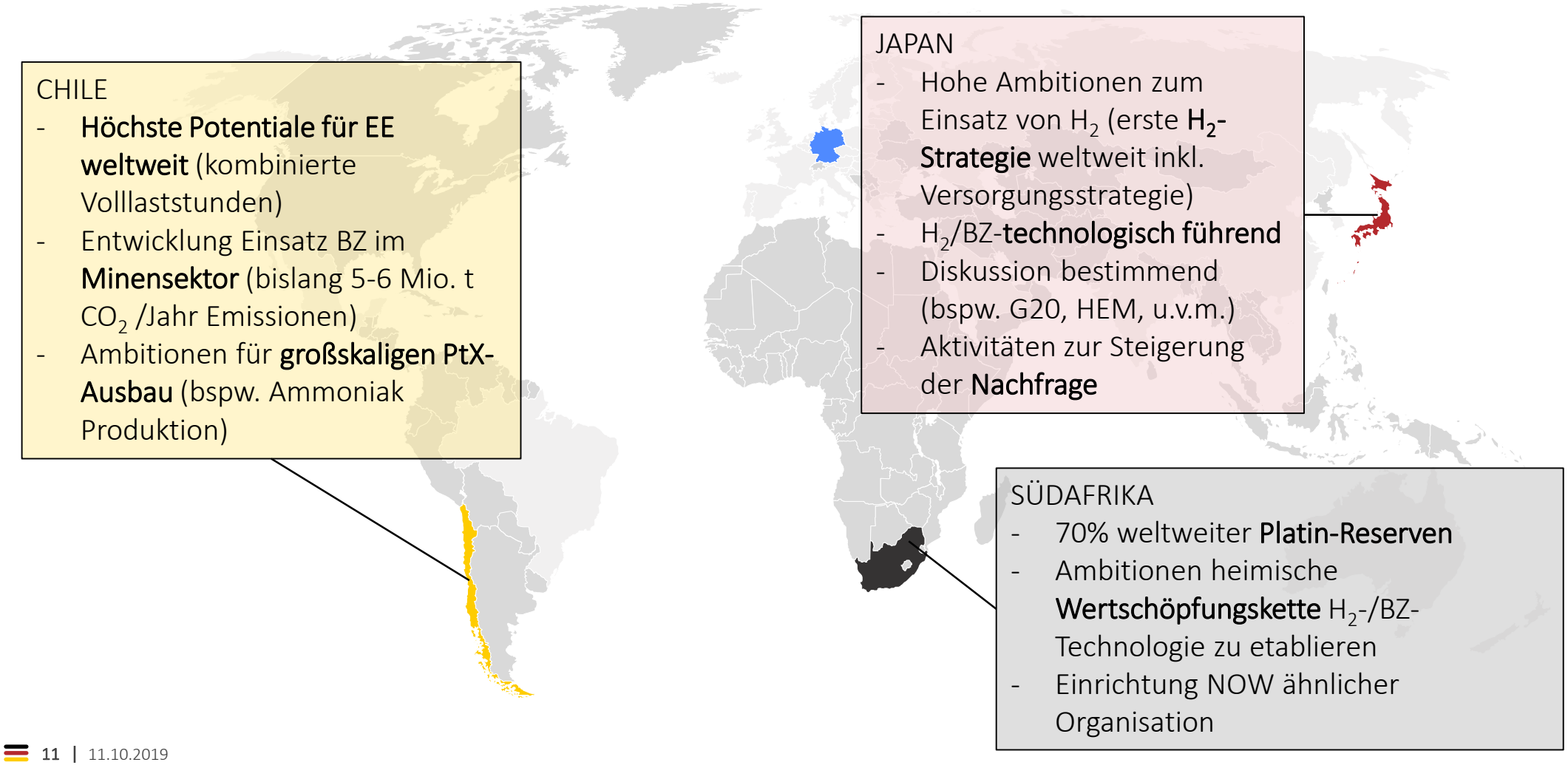


Kernthemen (Bundesregierung) für H2 / BZ:

- Umweltpolitik
  - Erreichung nationaler Klimaziele
  - Zukünftige Energie- und Ressourcenimporte
- Industriepolitik:
  - Aufbau neuer Infrastrukturen
  - Aufbau neuer Märkte
  - Technologieexport
  - Koordination Regulation, Codes, Standards
- Geopolitik / Entwicklungszusammenarbeit
  - Fluchtursachen bekämpfen
  - Politische Stabilität

H_2/BZ-TECHNOLOGIE WELTWEIT IM KONTEXT

Drei Beispiele für das unterschiedliche Potenzial der Technologie



GLOBALE WERTSCHÖPFUNG AM BEISPIEL POWER-TO-X

NOW-GMBH.DE

WEC / Frontier Economics prognostizieren Bedarf PtX 2050 auf:

~20.000 TWh (exklusive Ammoniak und anderer Folgeindustrien)

Daraus folgen:

→ 215 Mrd. € Investition weltweit jährlich

→ 73% der Investition entfällt auf Elektrolyse

→ 8.000 GW PtX-Kapazität weltweit (bei 20.000 TWh)

		Elektrolyseure	Anlagenbau	gesamt
Wertschöpfung in Mrd. EUR	direkt	11,7	3,7	15,4
	Indirekt	11,8	4,5	16,3
	Induziert	305	1,2	4,7
	Summe	**27,1**	**9,3**	**36,4**
Beschäftigung Durchschnitt in 1.000	direkt	133,4	41,6	175,0
	indirekt	163,6	60,9	224,6
	Induziert	53,0	18,2	71,2
	Summe	**350,0**	**120,8**	**470,8**

Quelle: SYNTHETISCHE ENERGIETRÄGER – PERSPEKTIVEN FÜR DIE DEUTSCHE WIRTSCHAFT UND DEN INTERNATIONALEN HANDEL, Frontier Economics 2018

1 11.10.201

MARKTPOTENTIAL VON H_2/BZ IN DEUTSCHLAND

Energiewende, Export, Wissenstransfer

Wichtige und z. T. einzige Option zur Dekarbonisierung in den Bereichen:

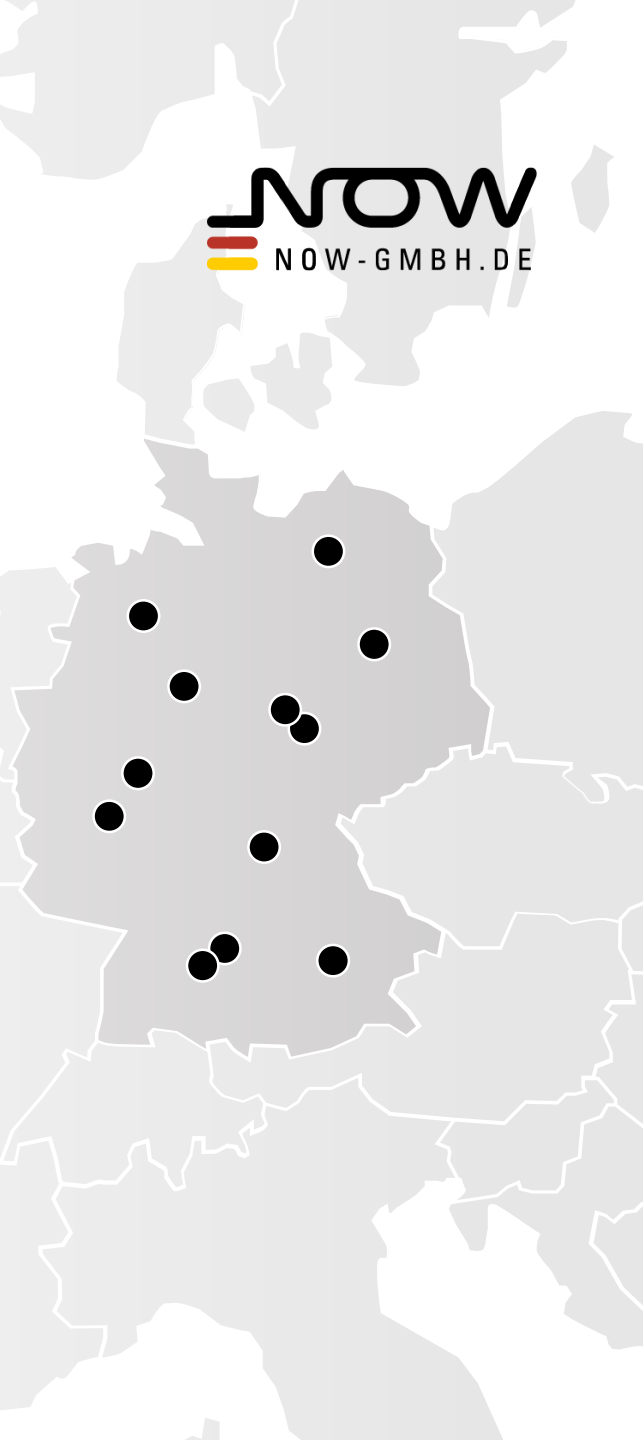
- Gasnetz / Wärmesektor
- Mobilität: insbesondere Schwerlastverkehr, Schifffahrt und Flugverkehr durch Einsatz strombasierter Kraftstoffe
- Chemische Industrie
- Puffer bzw. systemdienlicher Einsatz als saisonaler Speicher

→ Ermöglicht den Ausbau erneuerbarer Energien

Neben Technologieexport: Anlagenbau (16% Weltmarktanteil 2016)

Beratungsleistung (Projektierung, Schulung)

Sicherung Marktzugang / Perspektivischer Import strombasierter Kraftstoffe



STUDIE IEK2050 / INDWEDE

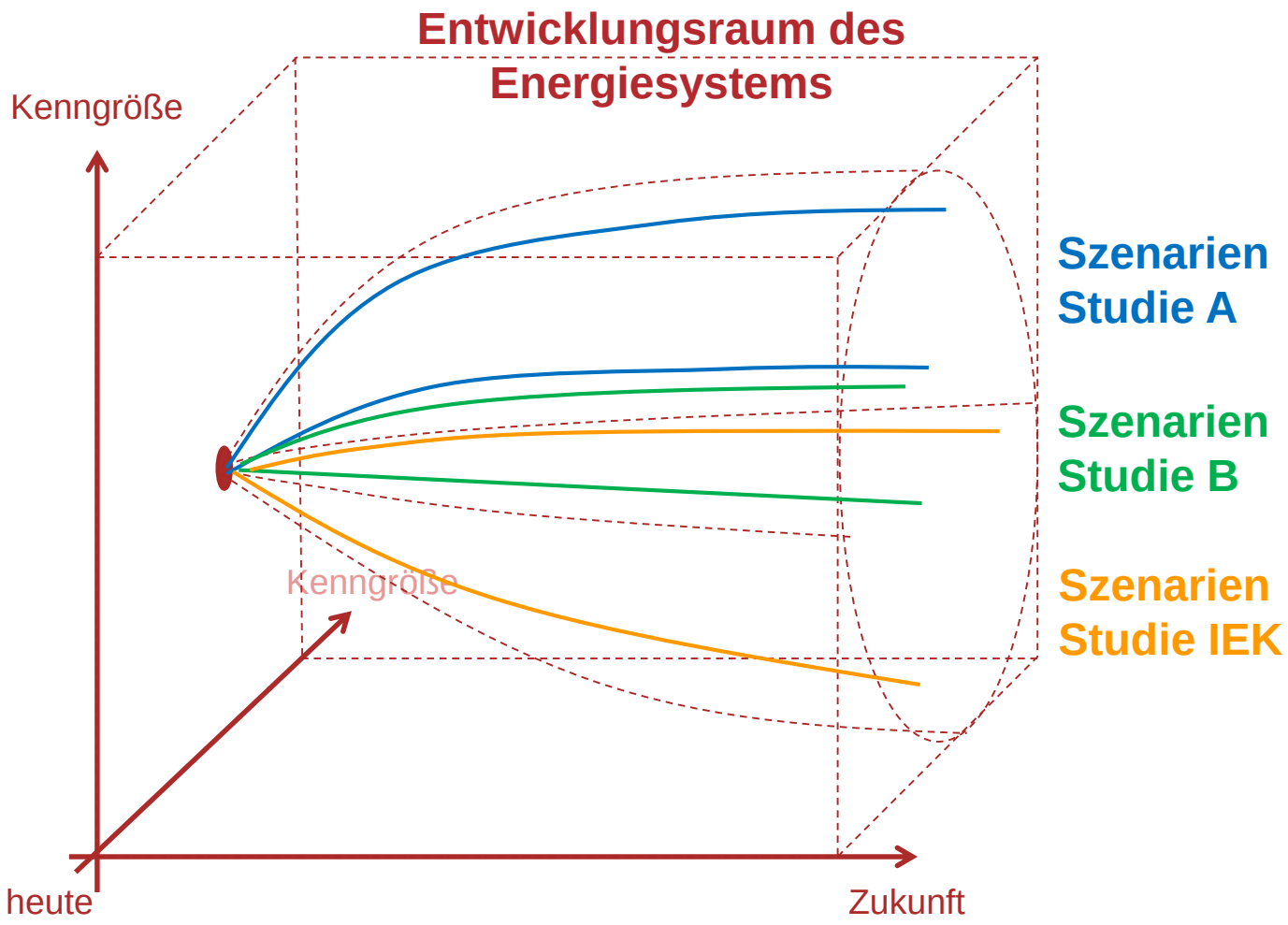
3

STUDIE IEK 2050

Voller Titel: „Rechtliche Rahmenbedingungen für ein integriertes Energiekonzept 2050 und die Einbindung von EE-Kraftstoffen“

- **Auftraggeber:** Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)
- **Koordination**: NOW
- **Bearbeitung:**
  - Becker Büttner Held (BBH)
  - Ludwig-Bölkow-Systemtechnik (LBST)
  - Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)
  - Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität (IKEM)
- **Einbindung von Stakeholdern** aus Politik, Wirtschaft, Verbänden, NGOs in Fachausschüssen und Beirat
- **Laufzeit:** 01/2017 – 10/2018; Kurzfassung online verfügbar

ZIELSETZUNG DER STUDIE IEK 2050



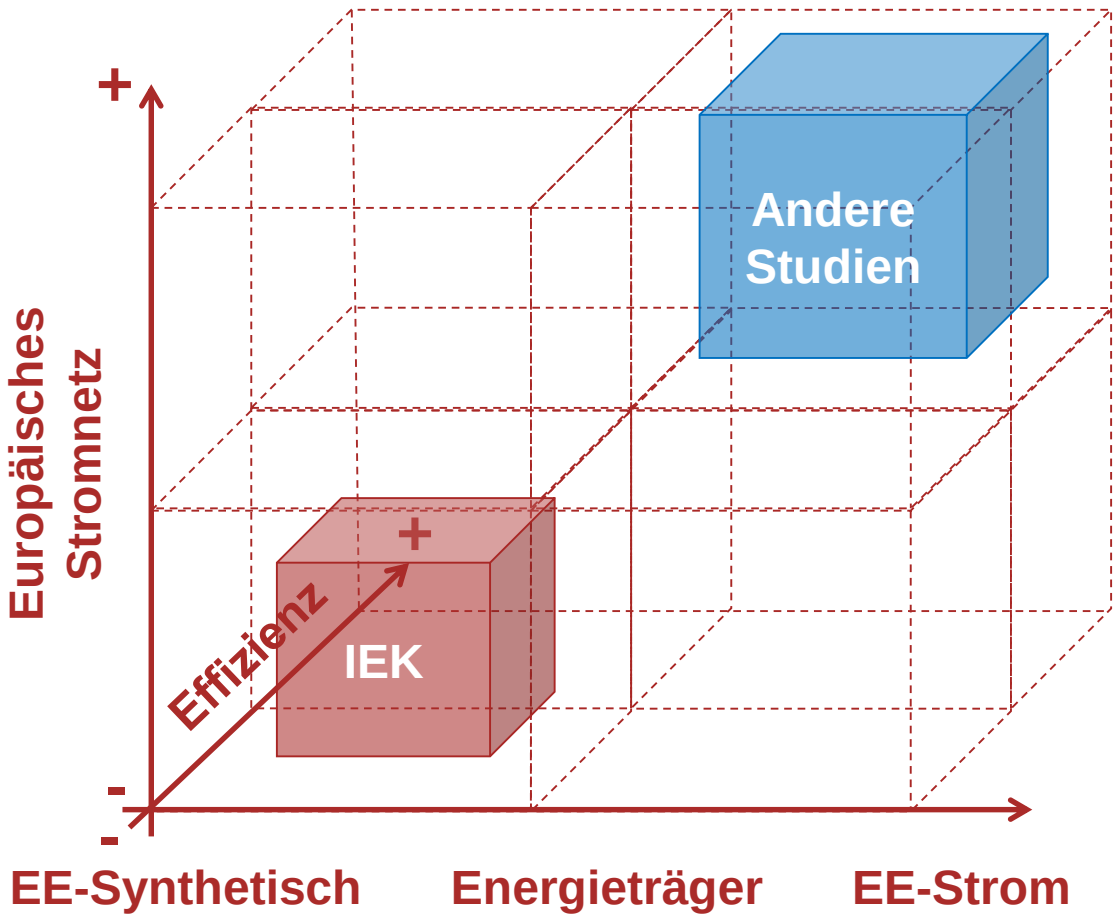
- Analyse von **Szenarien des Energiesystems bis 2050** bei Einhaltung Klimaschutzziele, Versorgungssicherheit und **Sektorenkopplung**
- Identifikation **regulativer Optionen**
- Fokus auf **Verkehr** und erneuerbare **synthetische Energieträger** (H2, CH4, Flüssig)

→ **Ausleuchten eines bisher wenig untersuchten Teils des Entwicklungsraums**

→ Nicht die „eine wahre“ Studie, sondern Ergänzung zu anderen Studien

ZENTRALE ANNAHMEN UND GROBE VERORTUNG DER STUDIE

- **Stromnetzausbau moderat:** in Deutschland gemäß Netzentwicklungsplan; Austausch mit Nachbarn auf 40 GW Grenzkuppelleistung ab 2030 begrenzt
- **Moderate Steigerung Effizienz**
- **Import kostengünstiger synthetischer EE-Energieträger möglich**



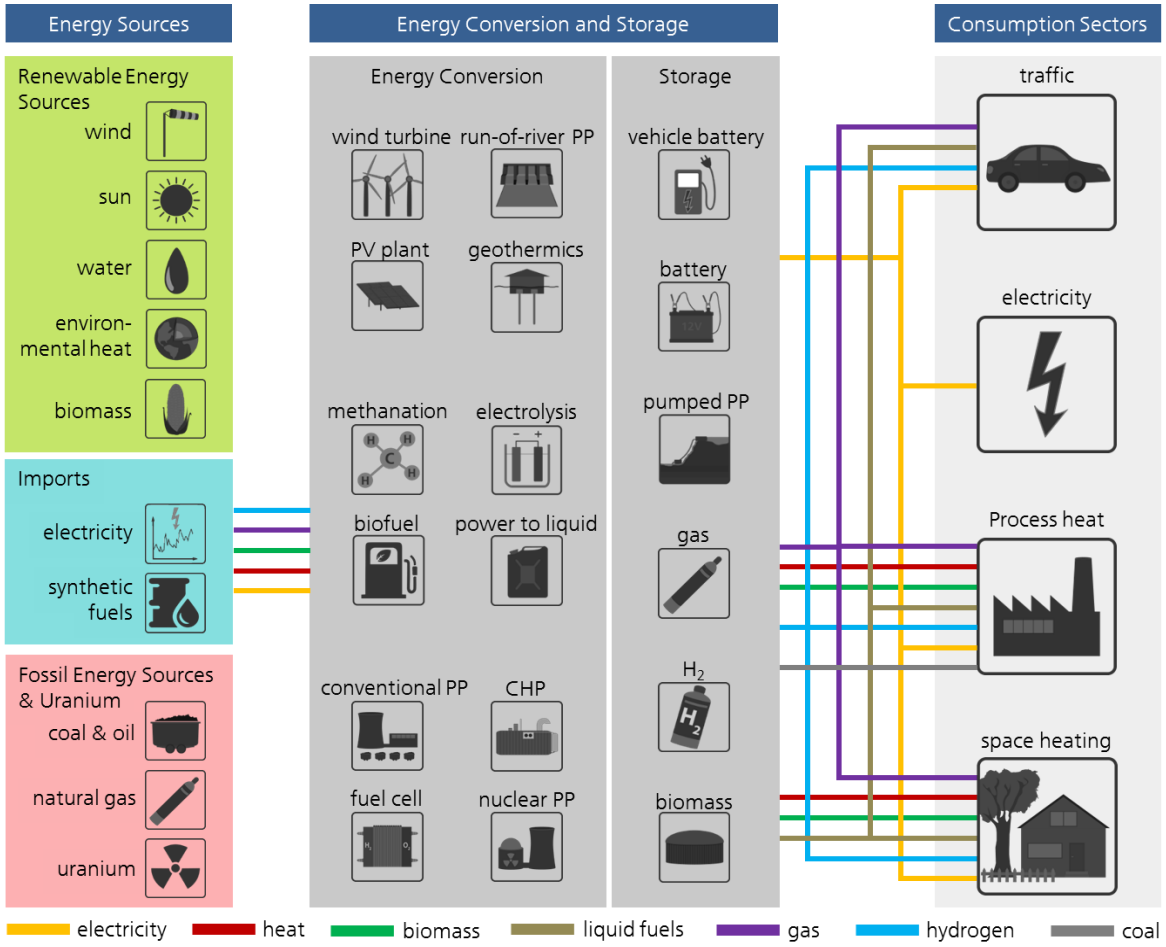
METHODIK

Szenarien-berechnung mit Optimierungsmodell

Gesamtkosten-Analyse (TCO)

Regulatorische Analyse

1. Screening
2. Robuste Entwicklungen
3. Regulatorische Schlussfolgerungen



14 SZENARIEN BERECHNET

NOW-GMBH.DE

Betrachtung Gesamtsystem

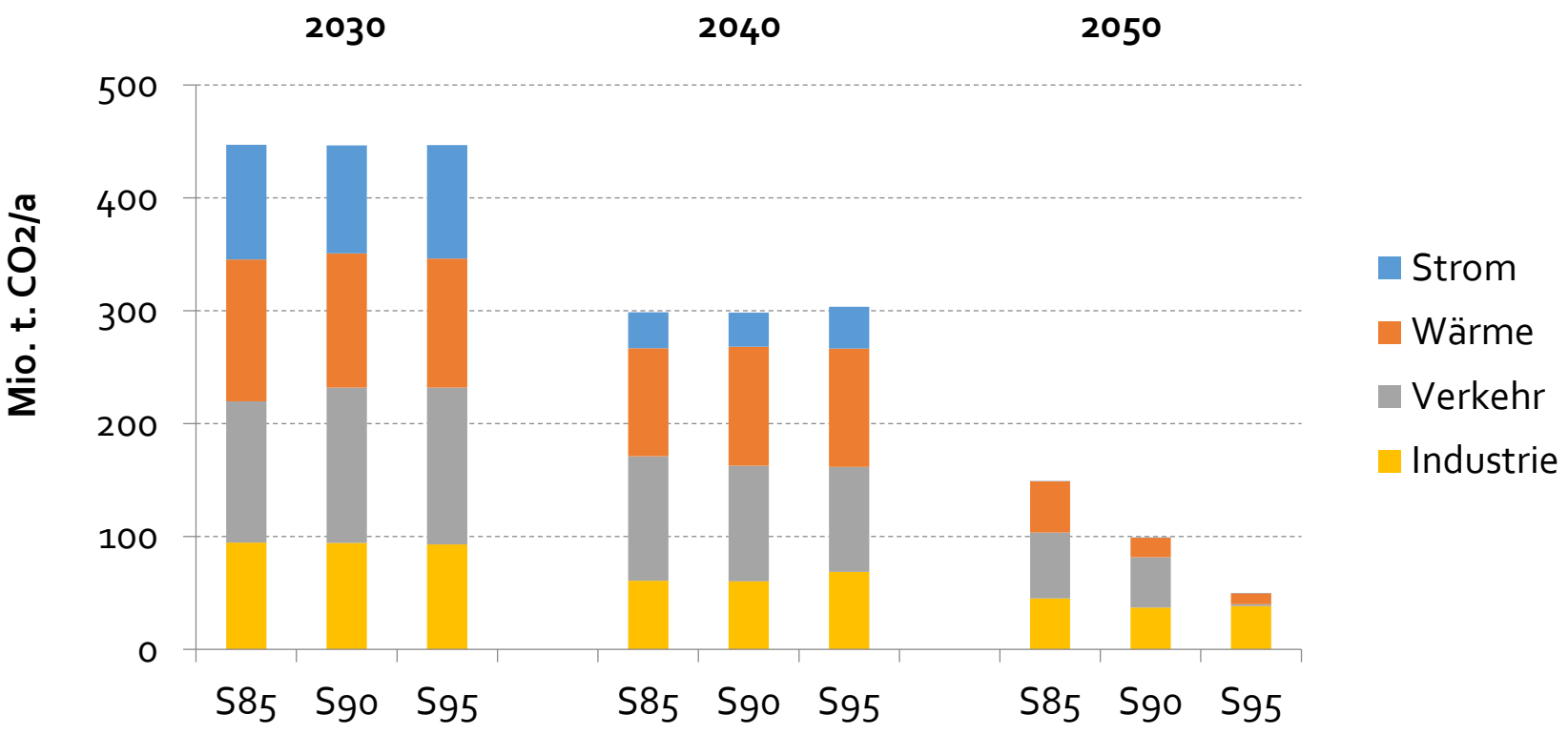
Szenariobezeichnung	S85	S90	S95	S90-BEV	S90-OLKW/BEV	S90-Effizienz[1]	S90-Verzögerung[2]	S90-Kohleausstieg[3]	S85*-No-Import	S85*	S85*-H_2-Industrie – No-Import	S85*-H_2-Industrie	S90*-H_2-Industrie	S95*-H_2-Industrie
THG Reduktionsziel ggü. 1990	-85%	-90%	-95%	-90%	-90%	-90%	-90%	-90%	-85%	-85%	-85%	-85%	-90%	-95%
Import synth. Kraftstoffe ab 2025	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja
Maximaler Anteil BEV (PKW/LKW)	50/5	50/5	50/5	70/15	70/15	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5
Substitution Kohle durch H_2 für Stahl	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja
Berücksichtigung von Oberleitungs-LKW	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein

Betrachtung Verkehr

[1] Energetische Gebäudesanierung: max. 4%/Jahr (sonst: max. 2%/Jahr). Reduktion Basislast: -25% bis 2050 (sonst: konstant), Prozesswärme: -0.5%/Jahr (sonst: konstant)
[2] Fortschreibung aktueller Technologie-Trend bis 2030 (bis dahin keine Umstellung möglich)
[3] Reduktion der Kohlestromerzeugung in 2030 auf nahezu 0%
* Innerhalb dieser Rechnungen ist inländische Stromerzeugung vorrangig vor Stromimport abgebildet, d.h., der inländische Kraftwerkspark wird bevorzugt zur Stromerzeugung verwendet.

BLICK AUF DAS GESAMTSYSTEM

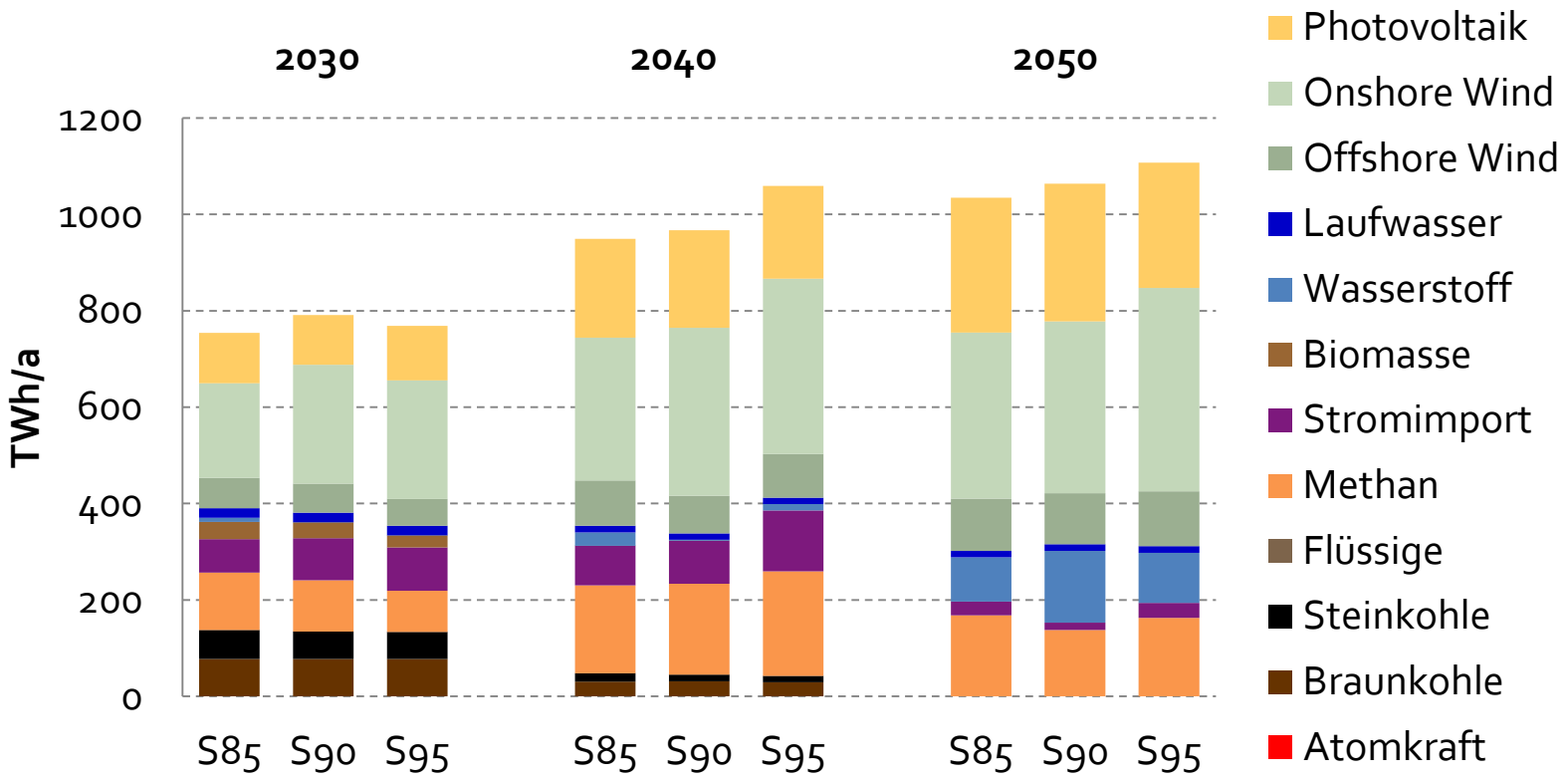
CO_2-EMISSSIONEN



- CO_2-Emissionen der Industrie durch **kohlebasierte Stahlerzeugung**
- Nahezu vollständige Reduktion der Emissionen in allen anderen Sektoren bei 95 prozentiger CO_2-Reduktion

BLICK AUF DAS GESAMTSYSTEM

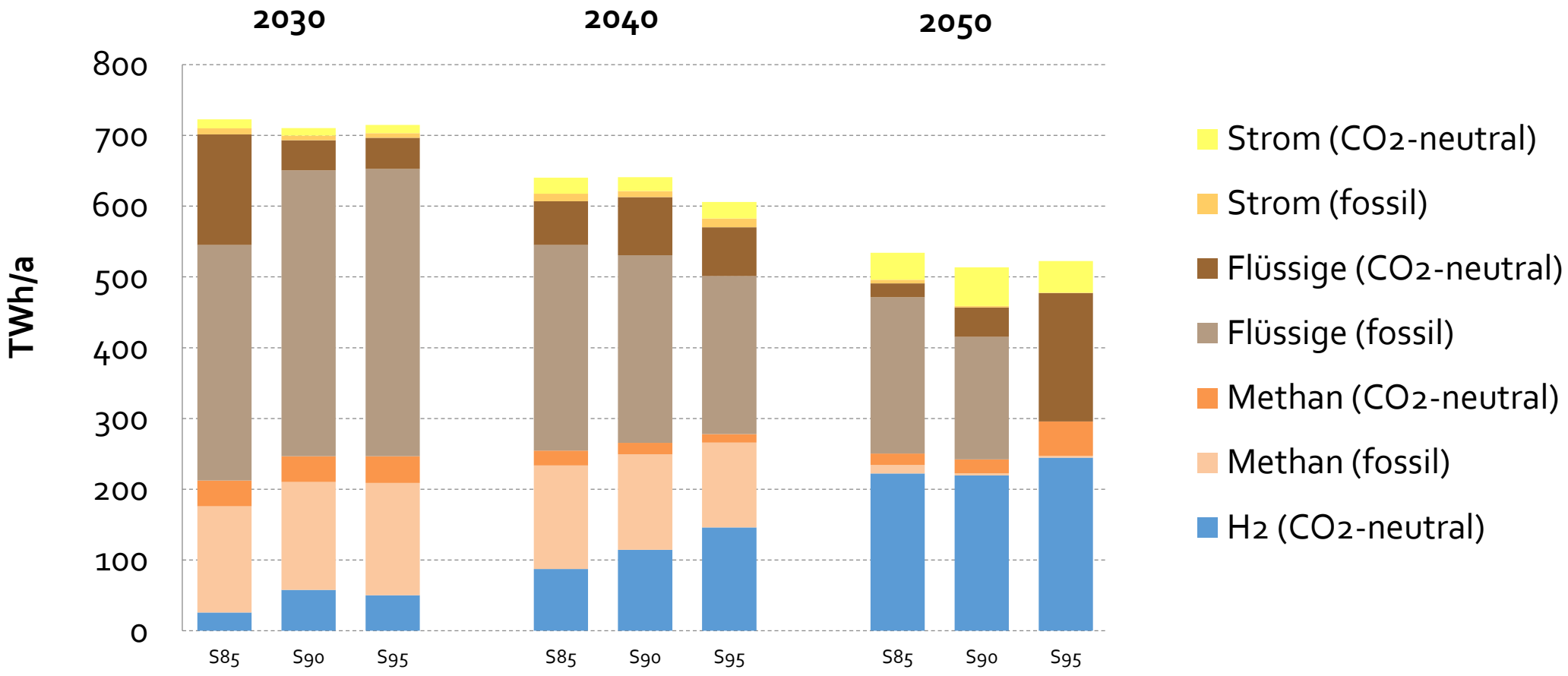
ZUSAMMENSETZUNG DER STROMERZEUGUNG



- **Zunahme der notwendigen Stromerzeugung** (um bis zu 100 % bis 2050, je nach Szenario)
- Hohe Anteile fluktuierender Stromerzeuger
- Hochflexible „Back-up"-Kraftwerke (Methan & Wasserstoff)

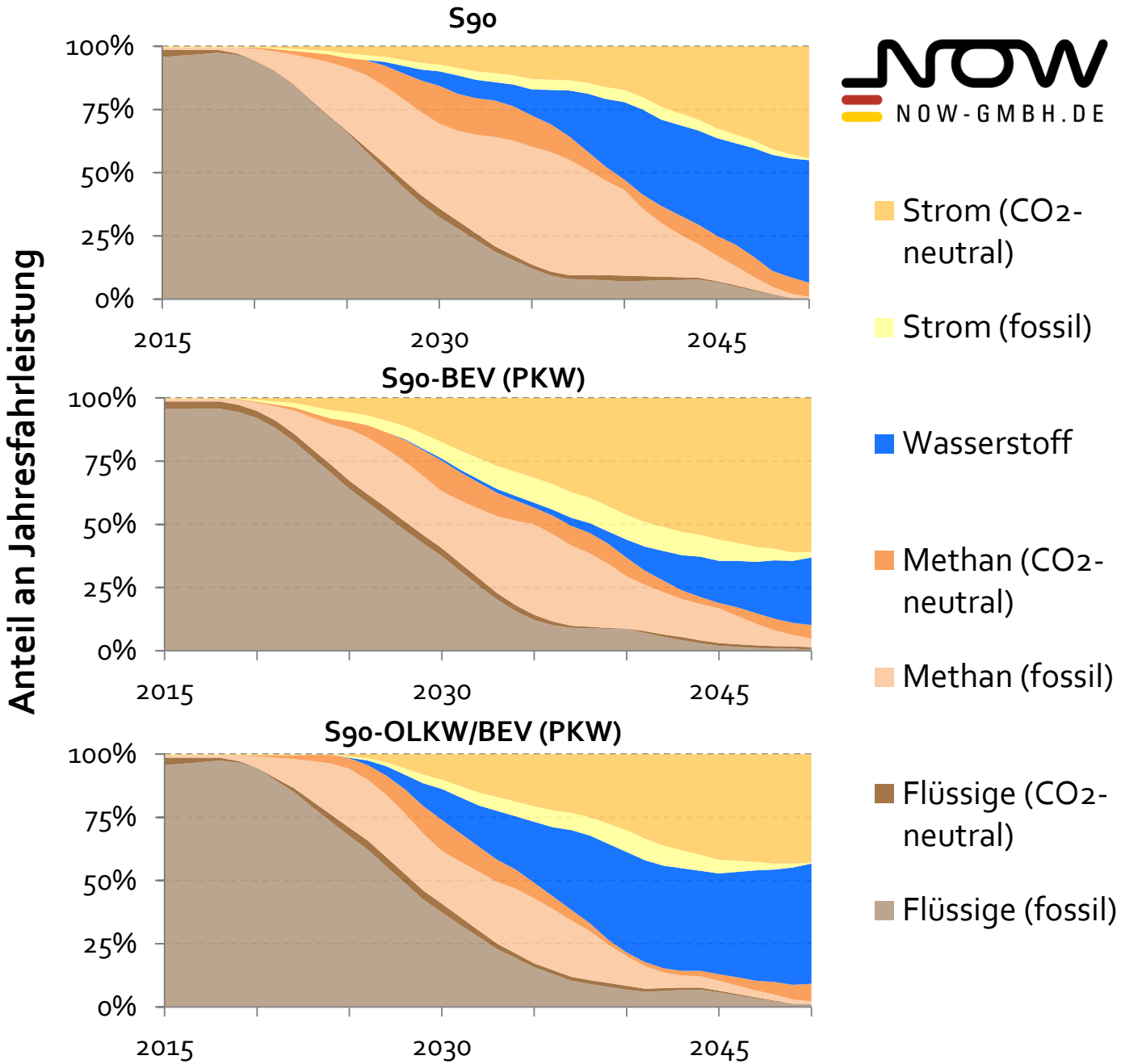
BLICK AUF DEN VERKEHRSSEKTOR

ENDENERGIENACHFRAGE



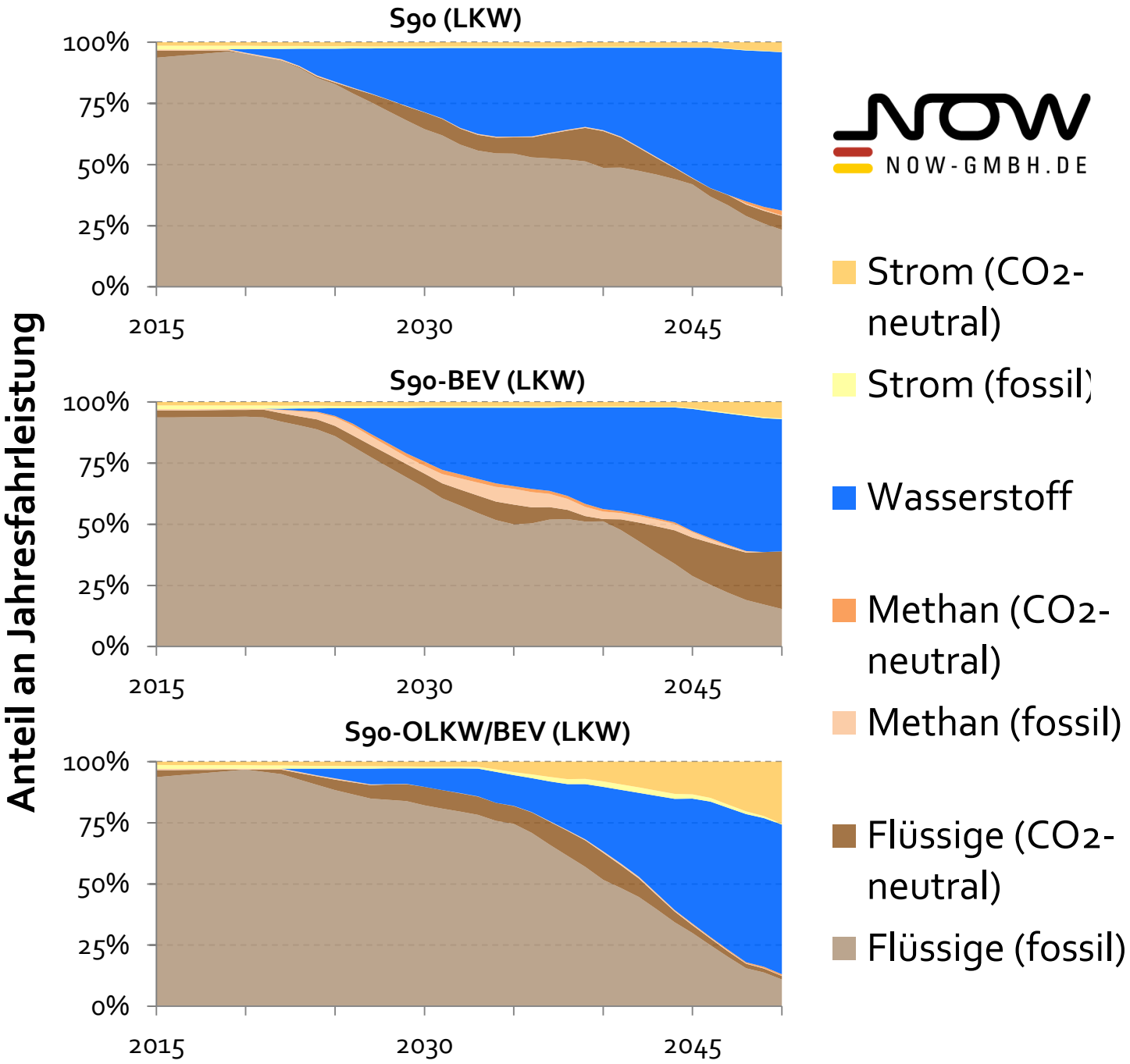
ENTWICKLUNG PKW-BEREICH NACH KRAFTSTOFFEN

- Starker Rückgang flüssiger Kraftstoffe
- Nullemissionsfahrzeuge dominant
- Im Gesamtsystem gibt es Optimum von Direktstrom (=Effizienz) und H2 (=Speicherbarkeit), deshalb:
  - „Mischung" BEV zu FCEV variiert zw. Szenarien
  - Vermehrte Verwendung von Wasserstoff für PKW, wenn LKW als O-LKW möglich (Grund: Strom wird dann im LKW-Bereich abgefragt)
- Methan als Übergangskraftstoff von Optimierungsmodell gewählt, hat aber geringe CO2-Ersparnis



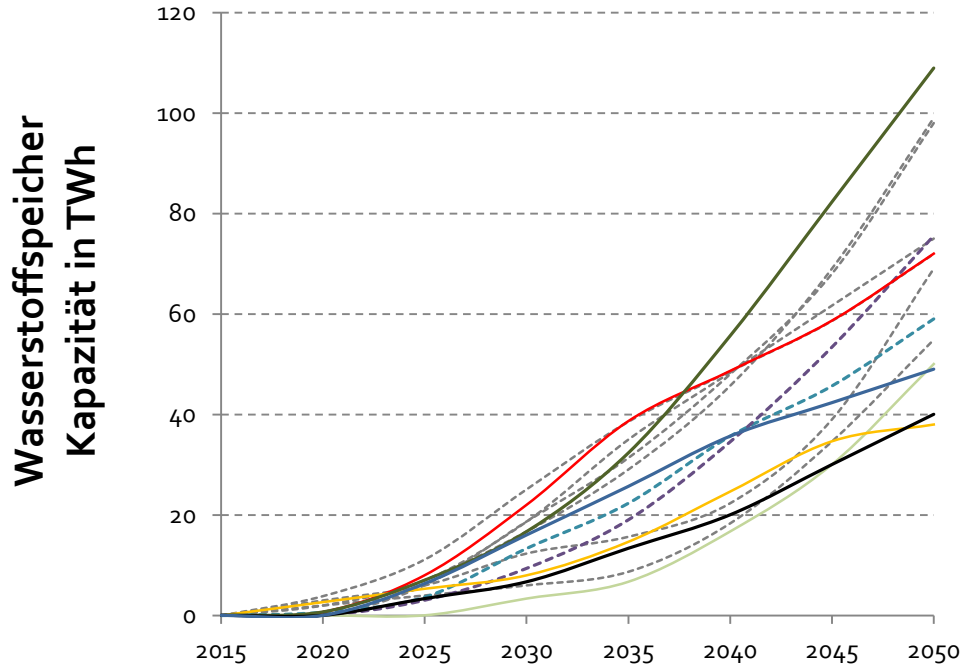
ENTWICKLUNG LKW-BEREICH NACH KRAFTSTOFFEN

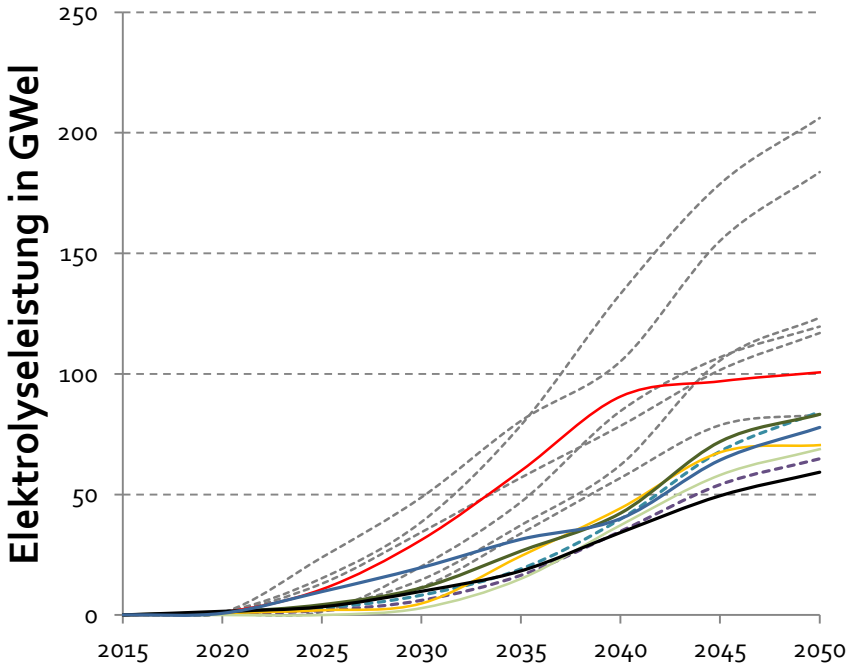
- Wesentliche **Dekarbonisierung durch grünen Wasserstoff**
- Batterieelektrische Fahrzeuge nur bedingt eine Option
- Wenn Modell O-LKW ist Option, aber aufgrund der hohen Fahrleistungen jenseits der Autobahnen nur in Grenzen
- (Anm: hier die Fahrleistungen aller LKW-Größenklassen enthalten)



BLICK AUF DAS GESAMTSYSTEM

WASSERSTOFFSPEICHER UND ELEKTROLYSEURE





S85
S90
S95
S90-Effizienz
S90-Verzögerung
S90-Kohleausstieg
S90-BEV
S90-OLKW/BEV
S85*
S85*-H2-Industrie
S90*-H2-Industrie
S95*-H2-Industrie

SCHLUSSFOLGERUNGEN AUS IEK 2050: GESAMTSYSTEM

In einem **optimierten Energiesystem** (mit moderatem Netzausbau, Importoption syn. ET, moderater Effizienzsteigerung)…

… werden wo möglich **direktelektrische Anwendungen** verwendet (Effizienz!)

→ **Ausbau EE in Deutschland muss** erstes regulatorisches Ziel sein.

→ **massive Elektrifizierung** des Verkehrs

… wird **Wasserstoff in allen Sektoren** eingesetzt, um fluktuierende Erzeugung systemdienlich in das System zu integrieren (Speicher!).

→ Aufbau **Elektrolysekapazität** wichtig

… werden perspektivisch nennenswert **synthetische Energieträger importiert.**

SCHLUSSFOLGERUNGEN: VERKEHR

PKW:

- **BEV und FCEV dominieren in 2050 in allen Szenarien,** Anteile hängen u.a. vom Bedarf für die Speicherung fluktuierende Strommengen und damit Wasserstoffverfügbarkeit im Systemoptimum ab

  → **Unterstützung des schnellen Markthochlaufs beider Technologien notwendig**

- Methan wird vom Modell als Übergangstechnologie gewählt, ökonomische Tragfähigkeit einer solchen Brücke aber fraglich

LKW:

- Dekarbonisierung passiert im Wesentlichen durch **Brennstoffzellen-LKW + grünem Wasserstoff**

  → **Fahrzeugangebot** schaffen

  → rechtzeitig **Infrastruktur** aufbauen

- **Oberleitungs-LKW** wird aus effizienzgründen gewählt, wenn Infrastruktur gestellt wird, verdrängt dann aber ICE, nicht FC-LKW

STUDIE INDWEDE

Studie IndWEDe
Industrialisierung der Wasserelektrolyse in Deutschland
Chancen und Herausforderungen für nachhaltigen Wasserstoff für Verkehr, Strom und Wärme

Fraunhofer ISE | Fraunhofer IPA | E4tech Strategy | Energy | Sustainability

Beauftragt durch

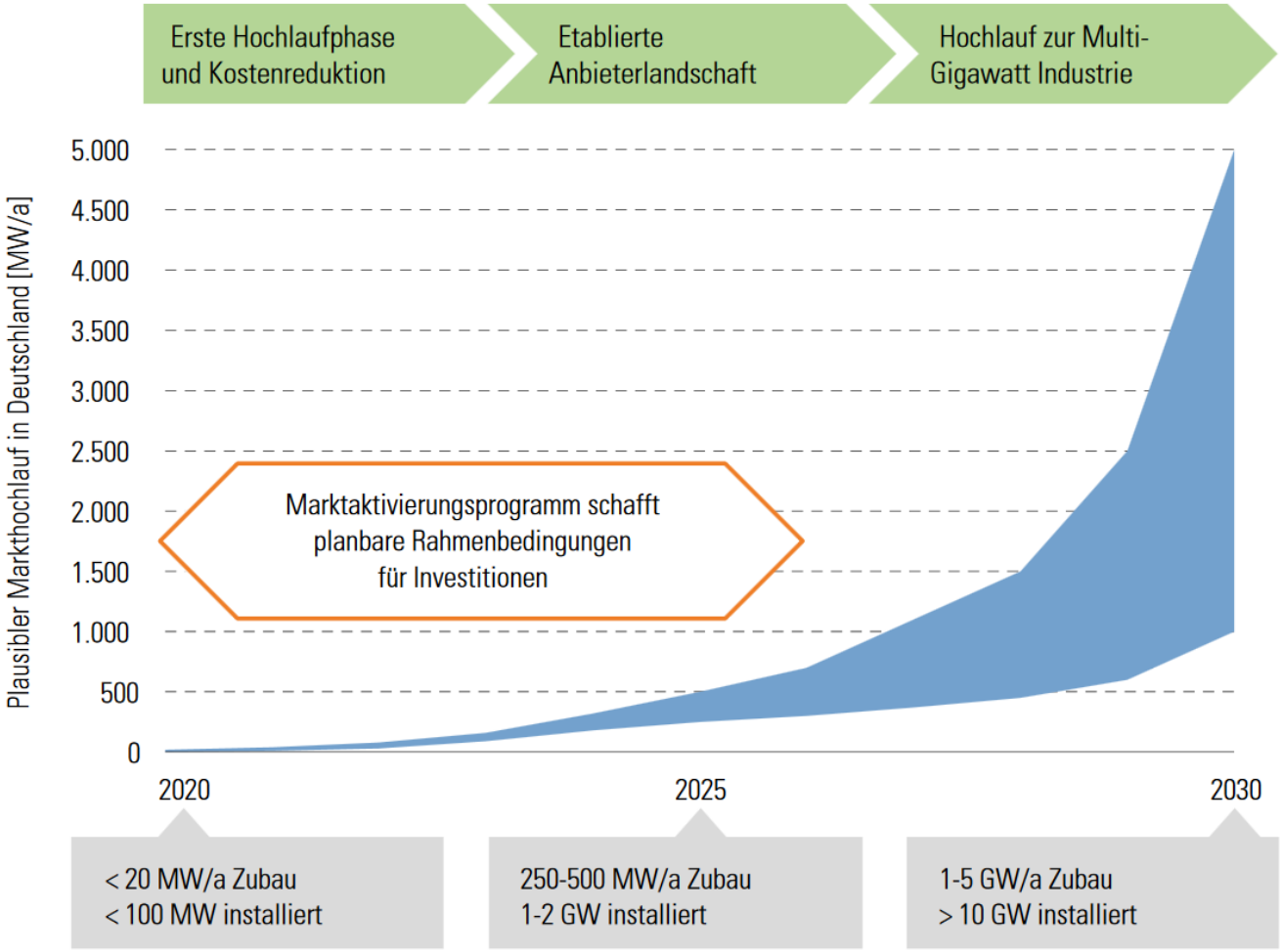
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Koordiniert durch

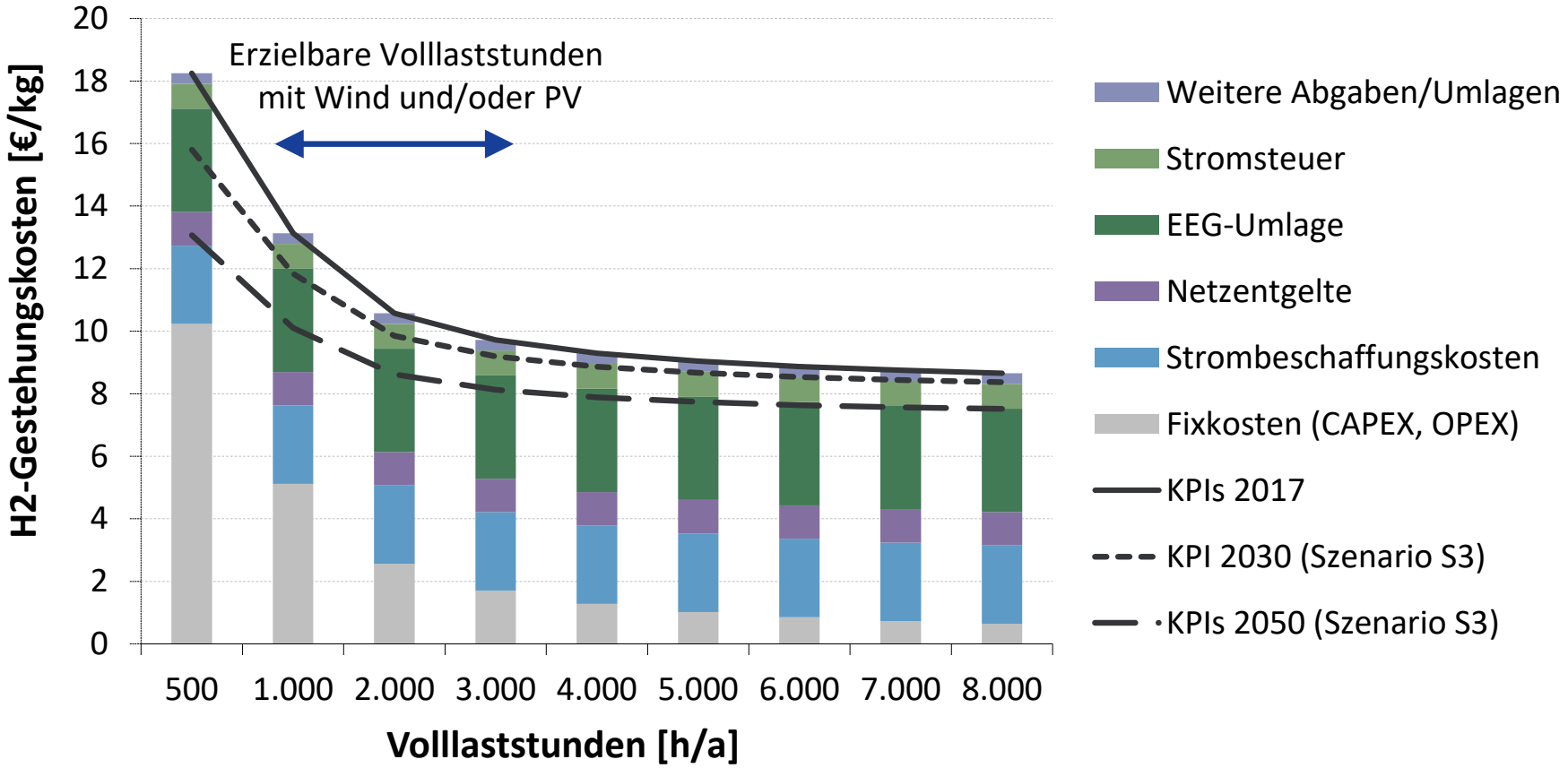
NOW-GMBH.DE

Studie ist verfügbar unter www.now-gmbh.de

NOTWENDIGER ZUBAU BIS 2030

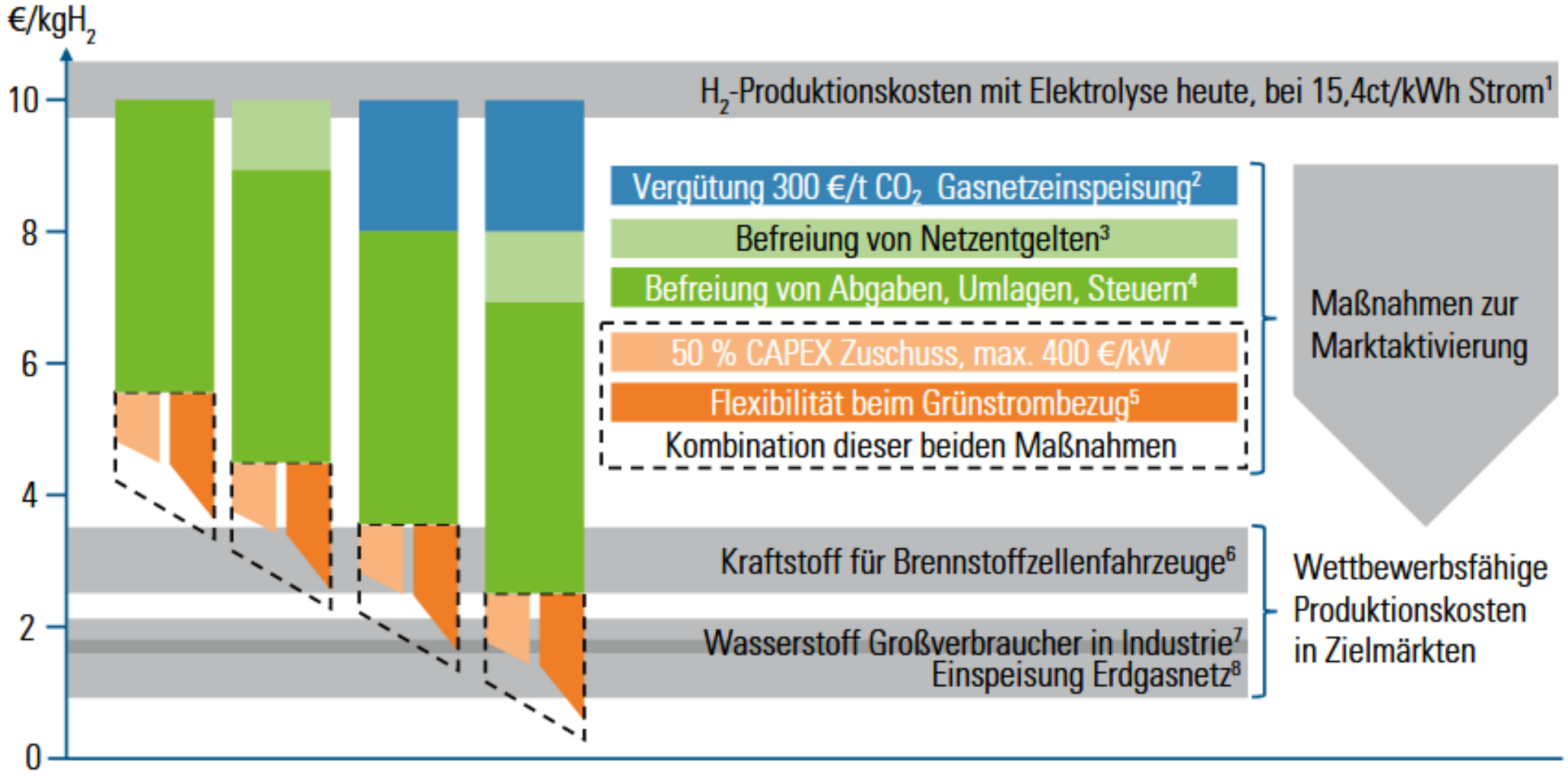


KOSTENENTWICKLUNG H2 GESTEHUNG



* 15,4ct/kWh durchschnittlicher Strompreis für die Industrie 2016 bei Jahresverbrauch 160.000 bis 20 Mio. kWh. Mittelspannungsseitige Versorgung; Abnahme 100kW/1.600h bis 4.000kW/5.000h). Quelle: BDEW Strompreisanalyse 2018

MAßNAHMEN ZUR ERREICHUNG DER KOSTENZIELE

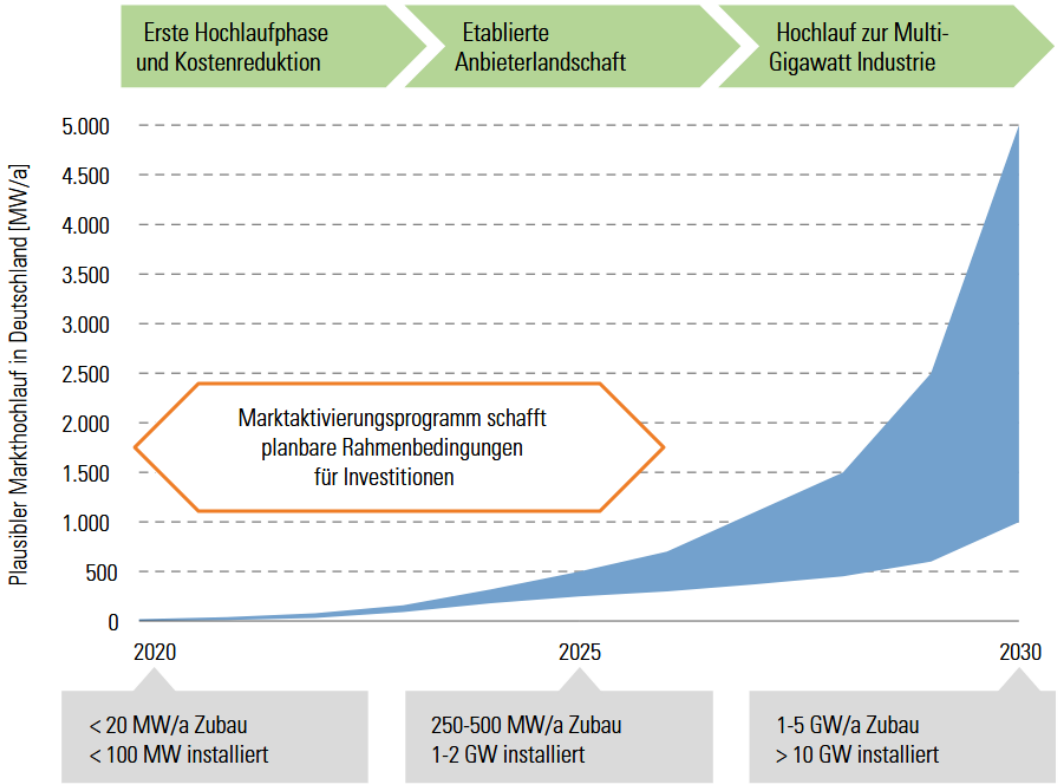


Quelle: NOW (2018): Studie IndWEDe – Industrialisierung der Wasserelektrolyse in Deutschland
https://www.now-gmbh.de/content/service/3-publikationen/1-nip-wasserstoff-und-brennstoffzellentechnologie/indwede-studie_v04.1.pdf

KERNAUSSAGEN

- Markteinführung von (grünem) Wasserstoff erfordert **koordinierten Hochlauf über alle Sektoren**
- **Technologieeinstieg** auf Verwendungsseite kann durch fossilen Wasserstoff erleichtert werden
- Klares Ziel muss dann die **Defossilisierung des Wasserstoffs** sein
- **Elektrolyse ist Schlüssel** für grünen Wasserstoff und Erreichung von Klimaschutzzielen
- **Ausbau EE-Erzeugung** unerlässlich

Abbildung 9-2: Plausibler Markthochlauf bis 2030

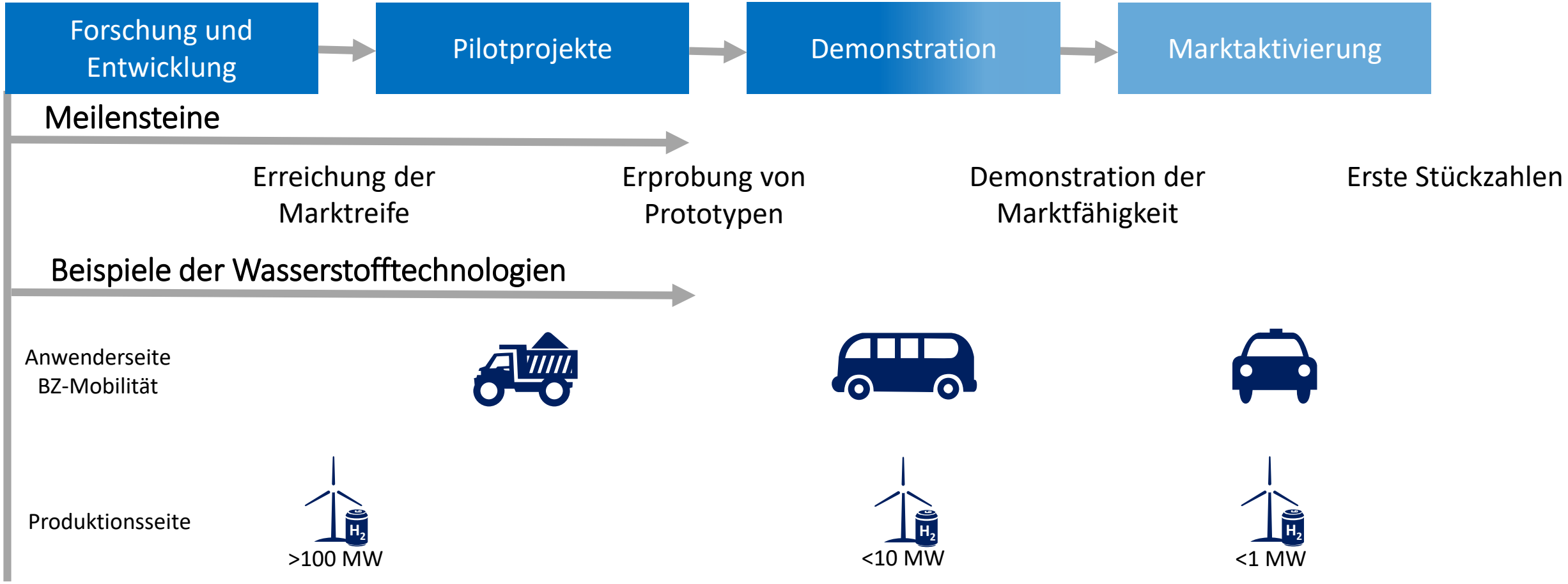


AKTUELLE AKTIVITÄTEN UND PROJEKTE

4

PHASEN DER MARKTENTWICKLUNG

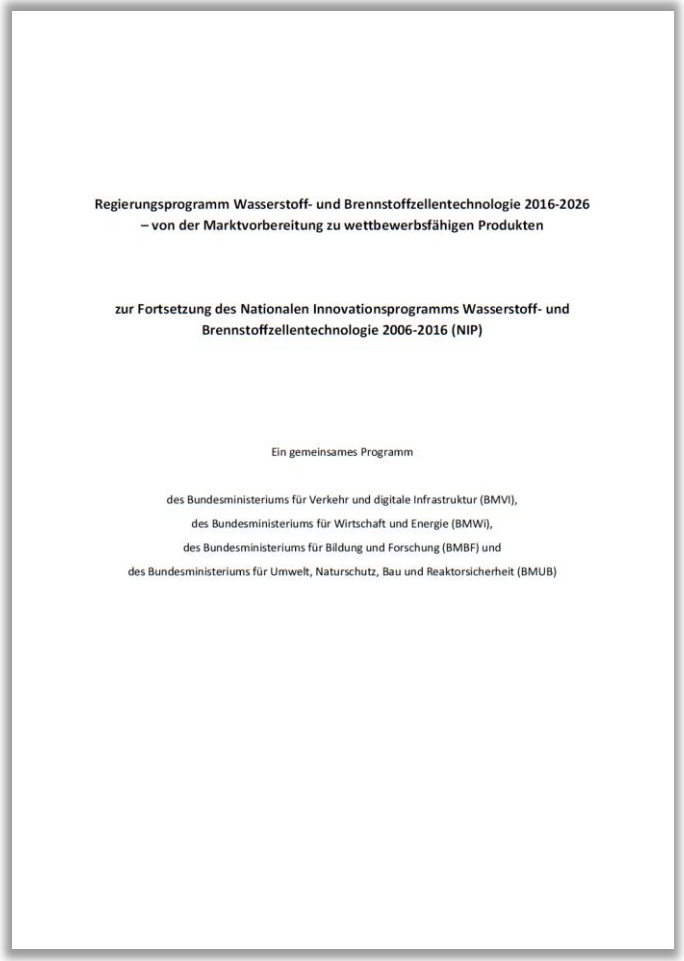
Konzept der Wasserstoffwirtschaft



DAS NATIONALE INNOVATIONSPROGRAMM

Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie

Das **Regierungsprogramm** und der **Maßnahmenkatalog** sind auf den Internetseiten des BMVIs und der NOW zugänglich.

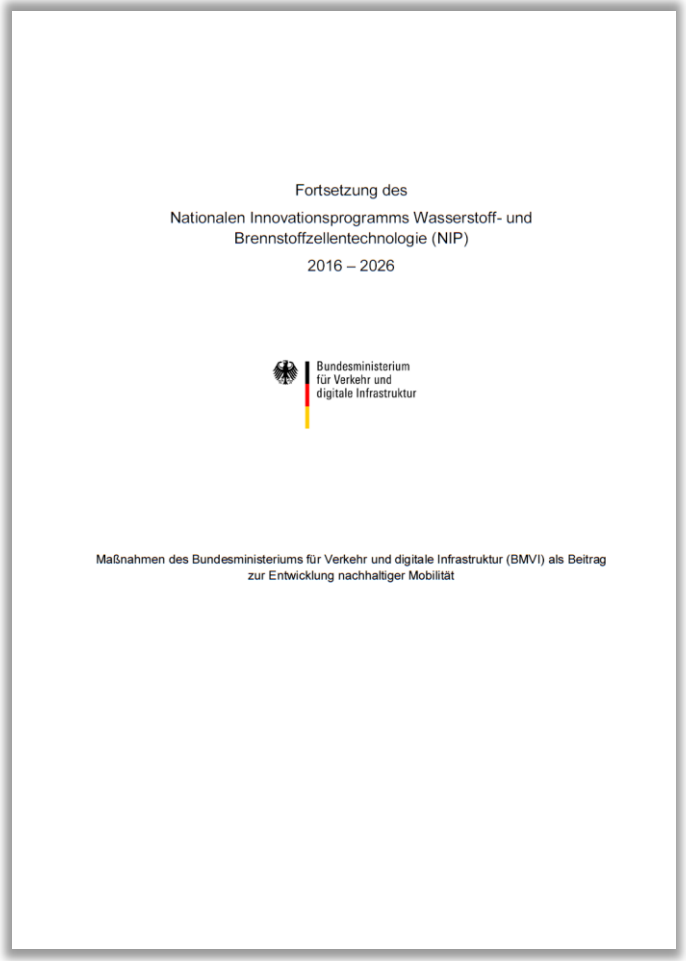


Regierungsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie 2016-2026
– von der Marktvorbereitung zu wettbewerbsfähigen Produkten

zur Fortsetzung des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie 2006-2016 (NIP)

Ein gemeinsames Programm

des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI),
des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi),
des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und
des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)



Fortsetzung des
Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP)
2016 – 2026

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Maßnahmen des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) als Beitrag zur Entwicklung nachhaltiger Mobilität

DAS NATIONALE INNOVATIONSPROGRAMM

Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie

Regierungsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie 2016-2026 (1,4 Mrd. €)

Der politische Überbau!

Ein gemeinsames Programm von BMVI, BMWi, BMBF und BMUB

Koordination des Gesamt-programms erfolgt über die NOW GmbH

Maßnahmen des BMVI im Rahmen NIP II (250 Mio. € bis Ende 2019)

Programm-dokument BMVI

Beitrag zur Entwicklung nachhaltiger Mobilität

Umsetzung der Maßnahmen des BMVI erfolgt über die NOW GmbH

Förderrichtlinien des BMVI im Rahmen NIP II

Förderrichtlinie für Maßnahmen der Forschung, Entwicklung und Innovation

VÖ 29.09.2016

Laufzeit zunächst bis 31.12.2019

Förderrichtlinie für Maßnahmen der Marktaktivierung

VÖ 22.02.2017

Laufzeit zunächst bis 31.12.2019

MARKTHOCHLAUF WASSERSTOFF MITTELS POWER-TO-GAS

Nationale und internationale Struktur zur Umsetzung

NOW-GMBH.DE

2019

Forschung und Entwicklung | Pilotprojekte (Kleinanlagen) | Demonstration (Großanlagen) | Markthochlauf

	Nationale Struktur	Europäische Struktur	Internationale Struktur
Forschung und Entwicklung	nip (Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie)	Hydrogen Europe Research	iea hydrogen
Pilotprojekte	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	FCH (Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking)	MISSION INNOVATION – accelerating the clean energy revolution; Hydrogen Council
Demonstration	**Hyland**; **Reallabore**	*Regulativer Rahmen*	IPHE; CLEAN ENERGY MINISTERIAL – Accelerating the Transition to Clean Energy Technologies
Markthochlauf	**REDII**; **Gas2030**; …	HyLAW; CertifHy	G20 2019 JAPAN

KOORDINATION INTERNATIONAL

Beispiele bestehender Aktivitäten von national bis international

Reallabore / HYLAND

H2 Valley

Mission Innovation IC#8

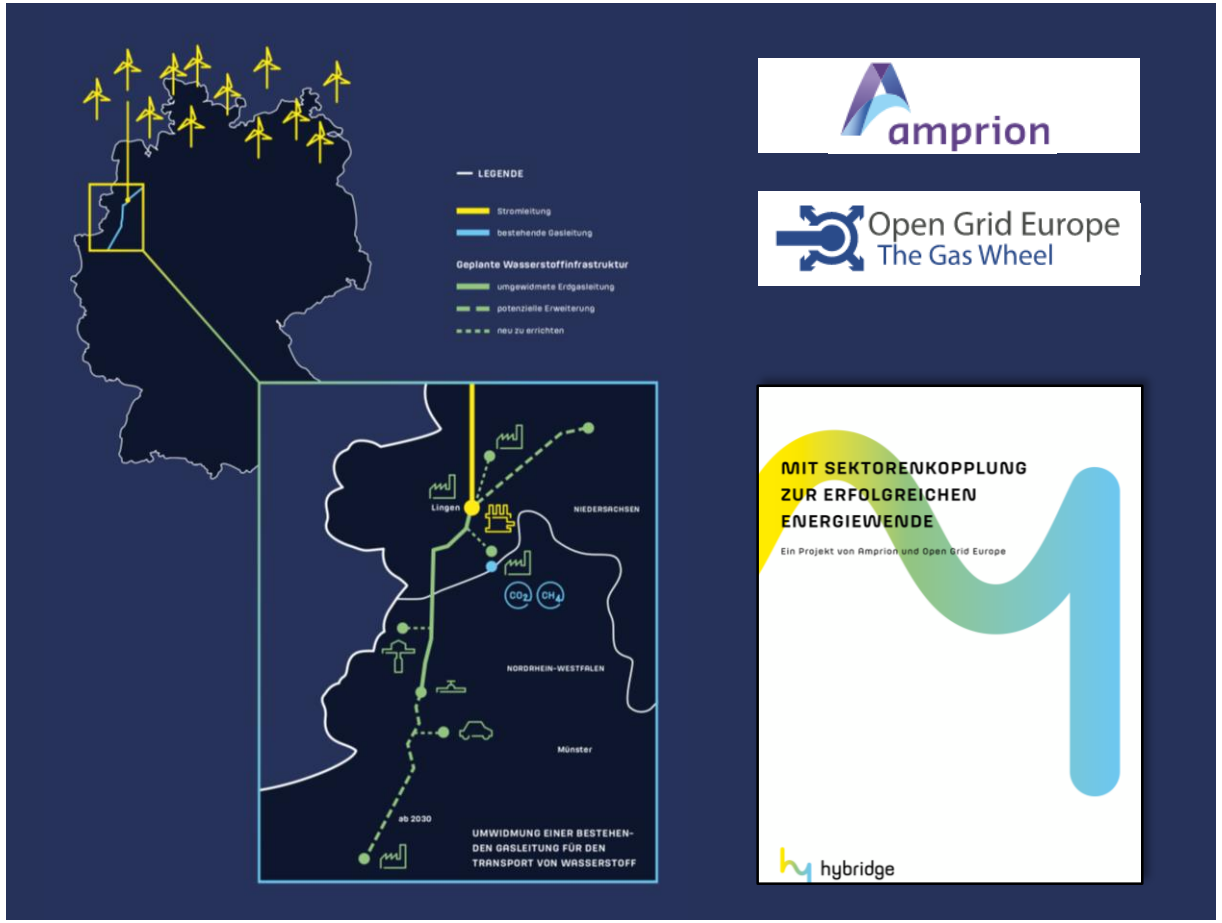
Potential der Initiativen:

- Demonstration und Verknüpfung von H2 Technologie
- Wissenstransfer national und international
- Schnittstelle zu existierenden nationalen Initiativen
- Vernetzung nationaler Akteure international

UPSCALING ALS NÄCHSTER SCHRITT

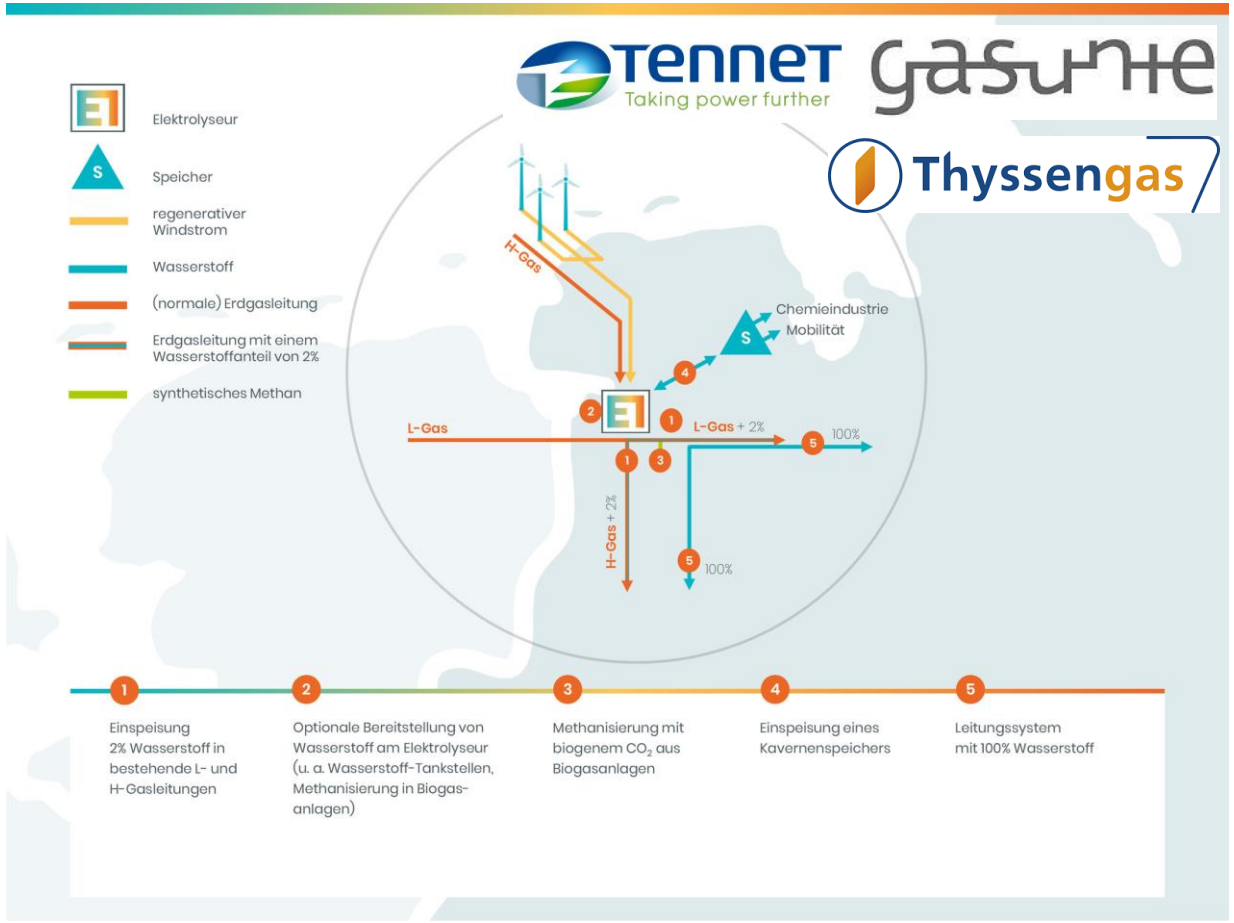
Beispielprojekte im 100MW Maßstab

hybridge



Source: www.ptg.amprion.net

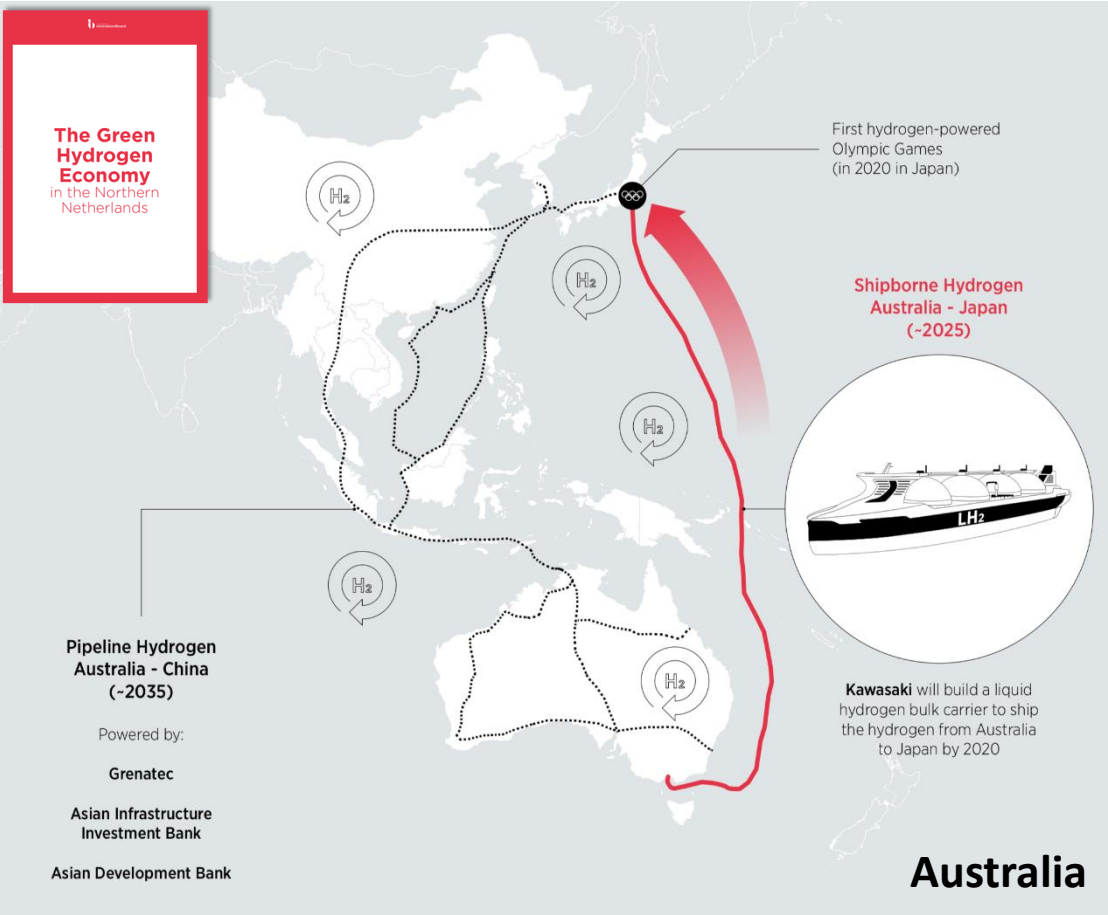
ELEMENT ONE

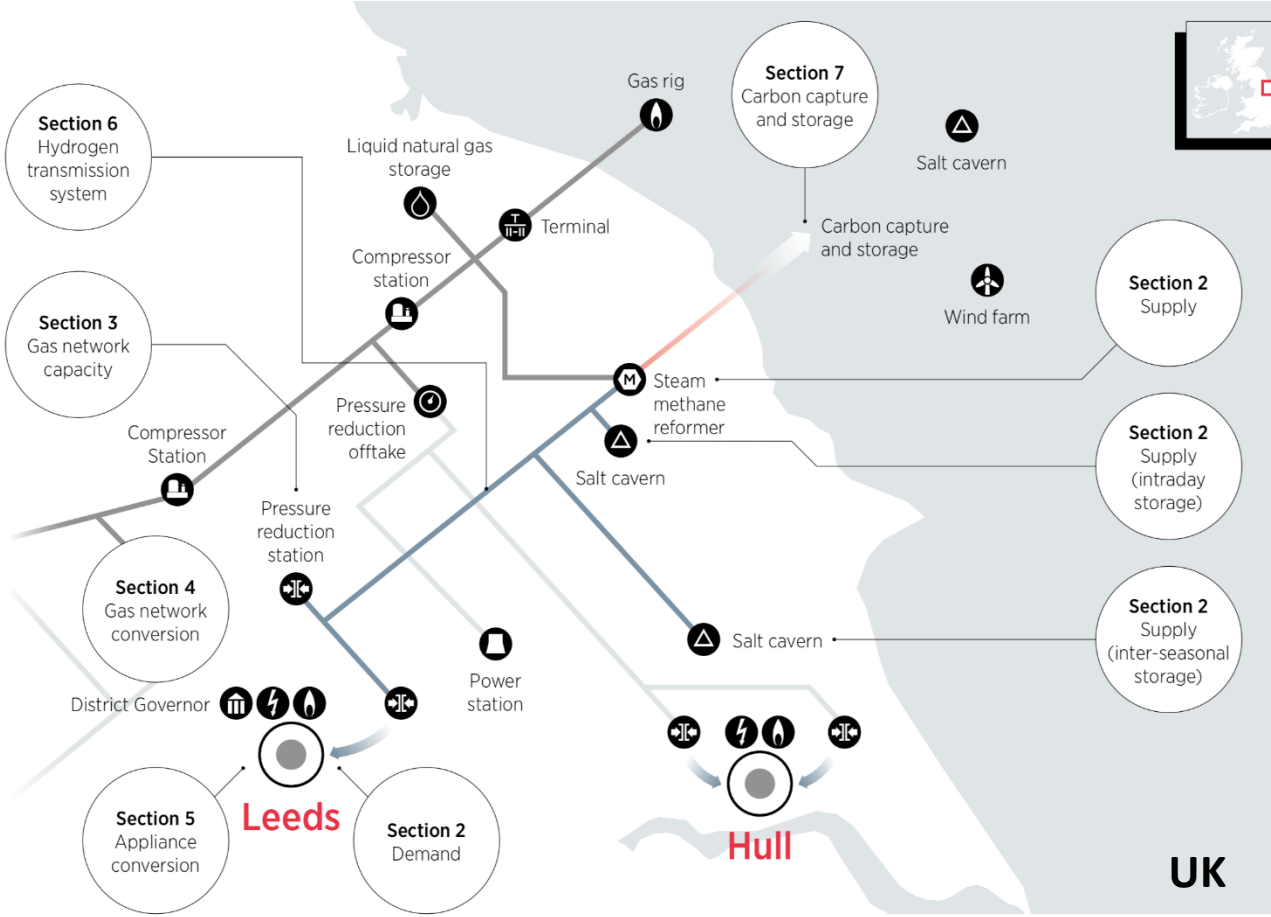


Source: www.tennet.eu

UPSCALING ALS NÄCHSTER SCHRITT

Internationale Beispiele Australien und UK

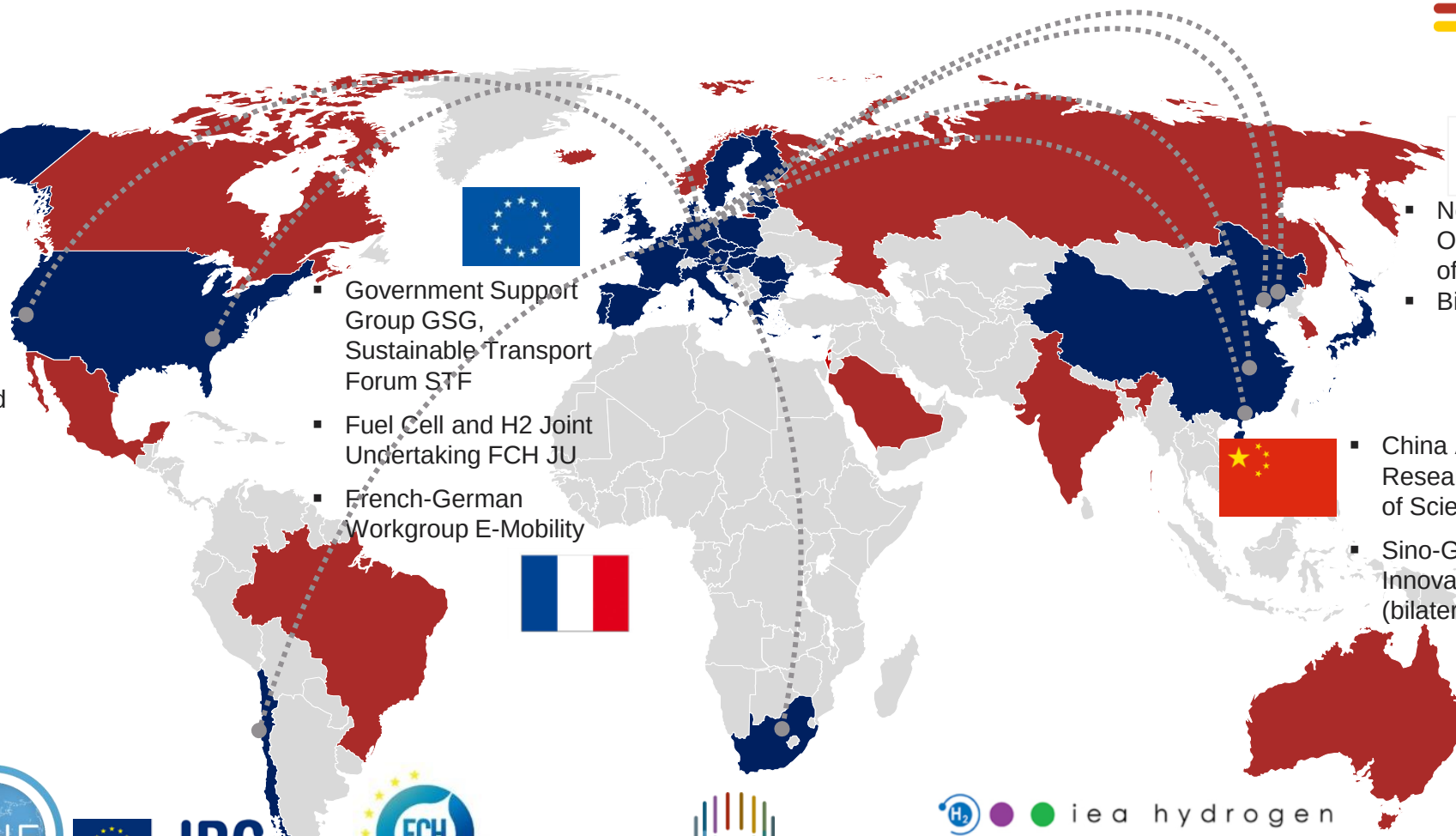




Source: The Green Hydrogen Economy in the Nothern Netherlands

INTERNATIONALE KOOPERATION DER NOW GMBH

NOW-GMBH.DE



- Fuel Cell Technology Office (FCTO) of the DoE
- California Fuel Cell Partnership (CaFCP), California Air Resources Board (CARB)

- Government Support Group GSG, Sustainable Transport Forum STF
- Fuel Cell and H2 Joint Undertaking FCH JU
- French-German Workgroup E-Mobility

- New Technology Development Organisation NEDO & Ministry of Energy, Trade and Industry
- Bilateral Power-to-Gas-Project

- China Automotive Technology and Research Center CATARC & Ministry of Science and Technology MoST
- Sino-German Electro Mobility Innovation and Support Center SGEC (bilateral projects)

Partners both within networks and strong bilateral relations

Partners within networks

ZUSAMMENFASSUNG

Was tut die Bundesregierung?

- F&E Förderung seit mehr als 10 Jahren mit dem NIP
- Marktaktivierung der Anwenderseite unter Berücksichtigung der gesamten Wertschöpfungskette (NIPII)
- Förderkonzepte für integrierten Ansatz (Reallabore der Energiewende, HyLand)
- Aktive Beteiligung in internationalen Aktivitäten und Netzwerken (IPHE, Mission Innovation, CEM etc.)
- Erarbeitung einer nationalen Wasserstoffstrategie zur Nutzung der Potenziale für die BRD

Danke für die Aufmerksamkeit!

NOW-GMBH.DE

Dr. Geert Tjarks
Bereichsleiter Internationale Kooperation
geert.tjarks@now-gmbh.de
Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
Fasanenstr. 5
10623 Berlin