

Für Mensch & Umwelt

Umwelt
Bundesamt

HKNR
Herkunftsnachweisregister

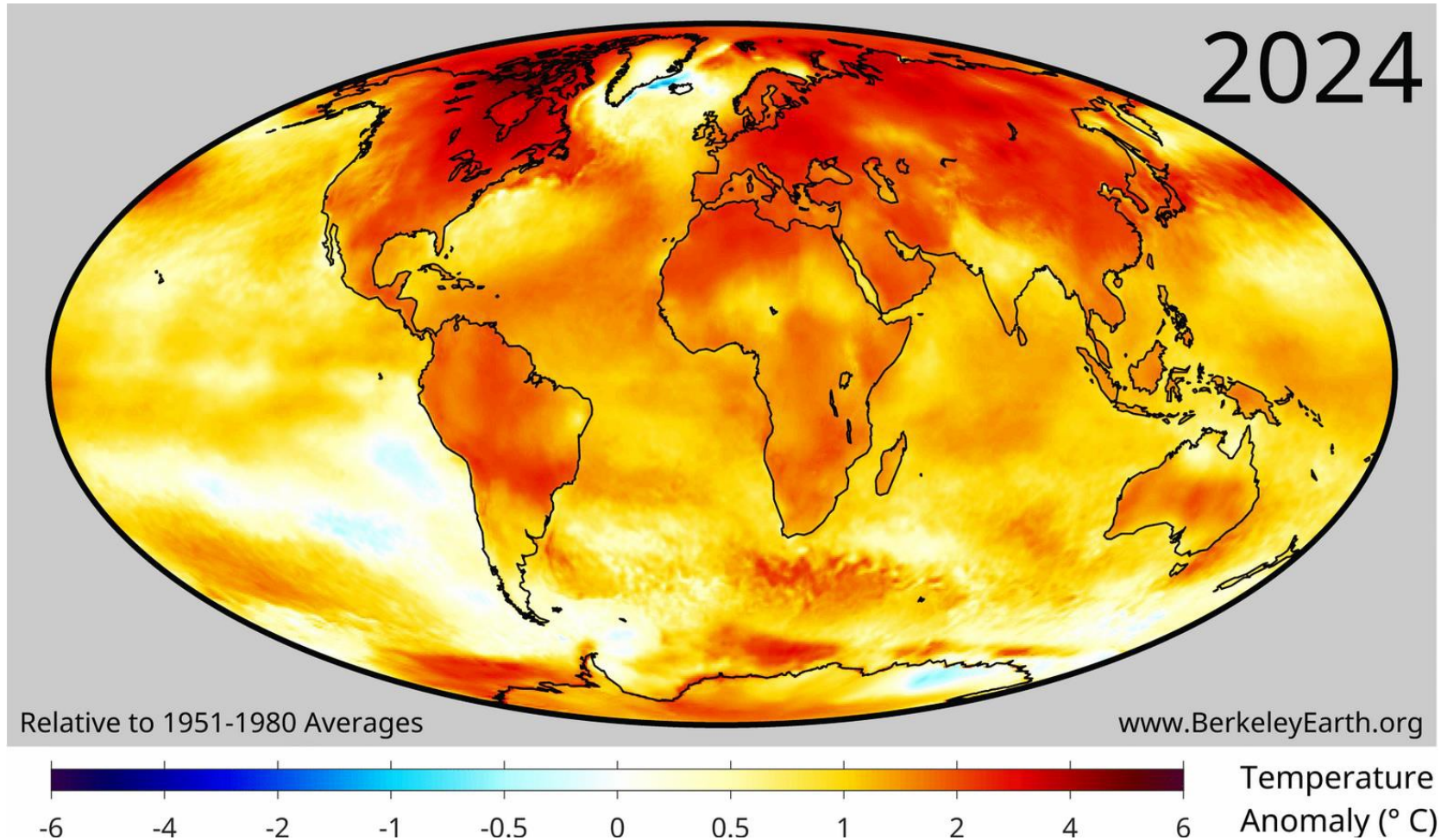
7. HKNR-Fachtagung

Stand des Wasserstoff-Hochlaufs

Reinhard Herbener

Fachgebiet V 1.2 Strategien und Szenarien zu Klimaschutz und Energie

Der Klimawandel ist Realität und schreitet voran

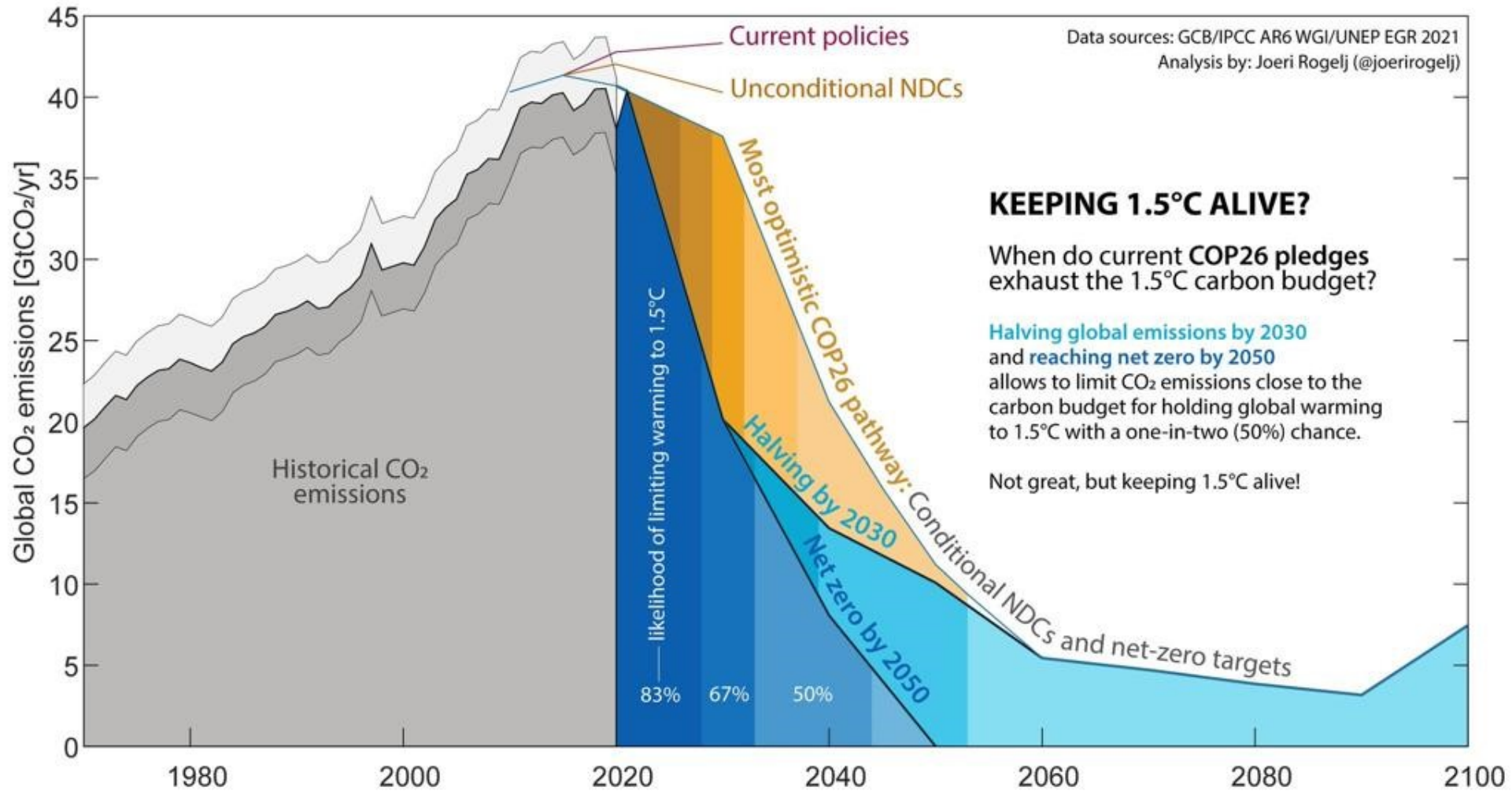


+ 1,6°C ggü. Ø 1951-80

wärmstes Jahr seit
120.000 Jahren.

Aus: Präsentation des Fachgebiets V 1.1 auf einer UBA Mitarbeitendenversammlung

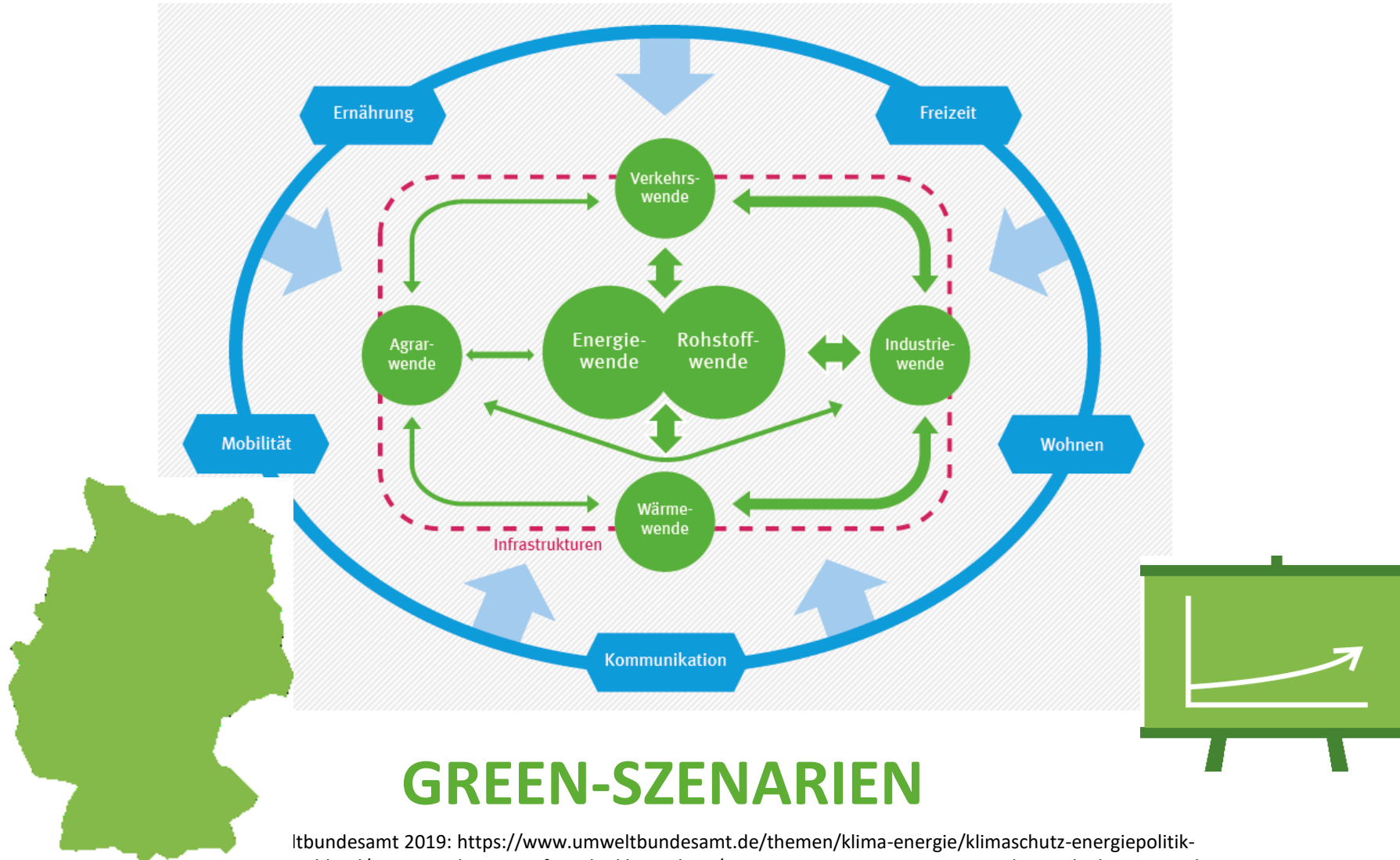
1,5°C-Ziel: global notwendige Treibhausgas-Emissionsminderung



Aus: GCB/IPCC AR6 WG1/UNEP EGR 2021

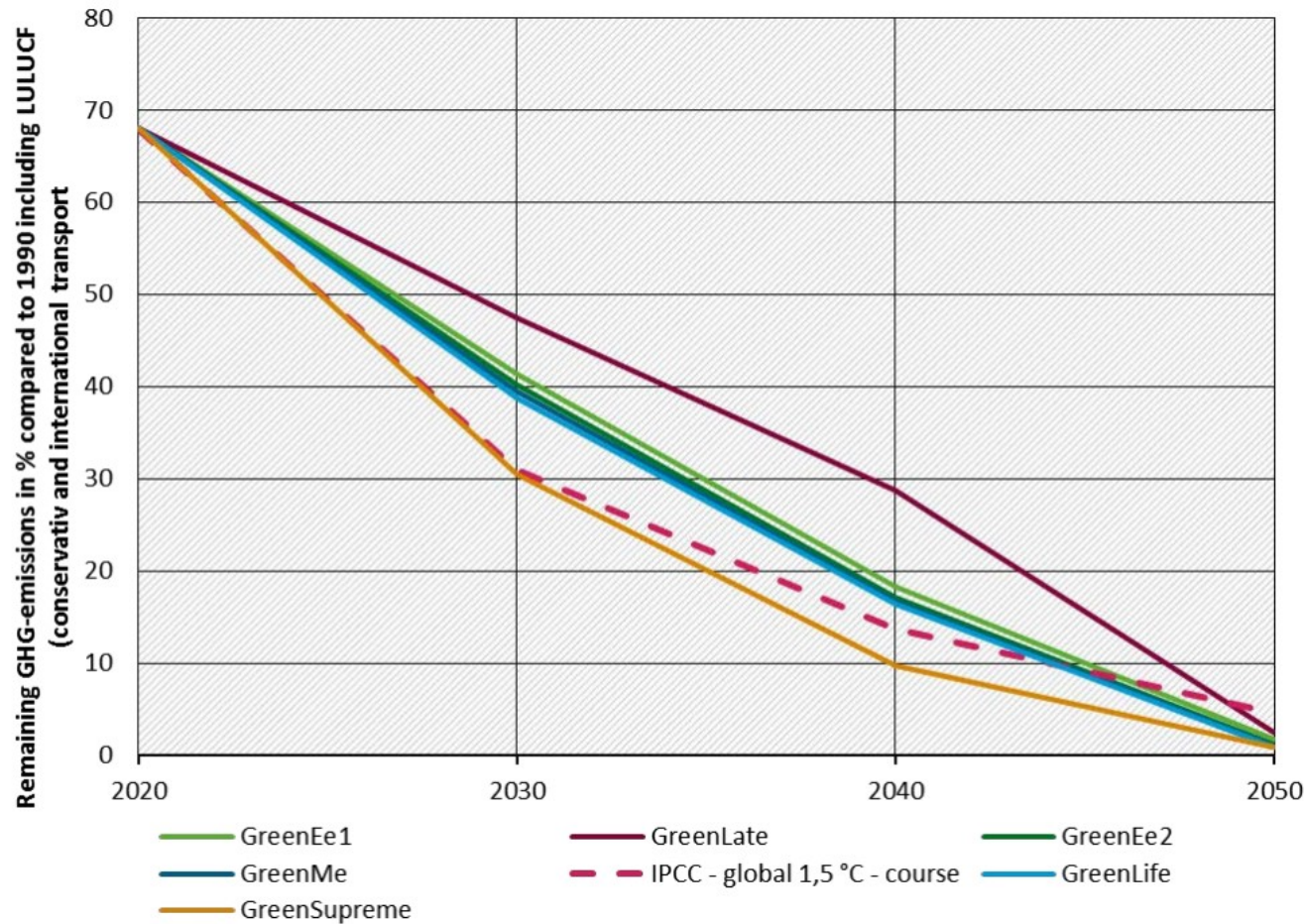
RESCUE-Studie des UBA –

Der Weg zur ressourcenschonenden Treibhausgasneutralität in Deutschland



ltbundesamt 2019: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/szenarien-konzepte-fuer-die-klimaschutz/rescue-wege-in-eine-ressourcenschonende#hintergrund>

RESCUE – Szenarien zur Treibhausgas-Neutralität



RESCUE – Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität | Umweltbundesamt



- Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energie ist für Klima- und Ressourcenschutz **notwendig**
- Energiebedingte THG-Emissionen können **vollständig** reduziert werden
- Rohstoffinanspruchnahme kann **nicht** vollständig vermieden werden



Energieerzeugung

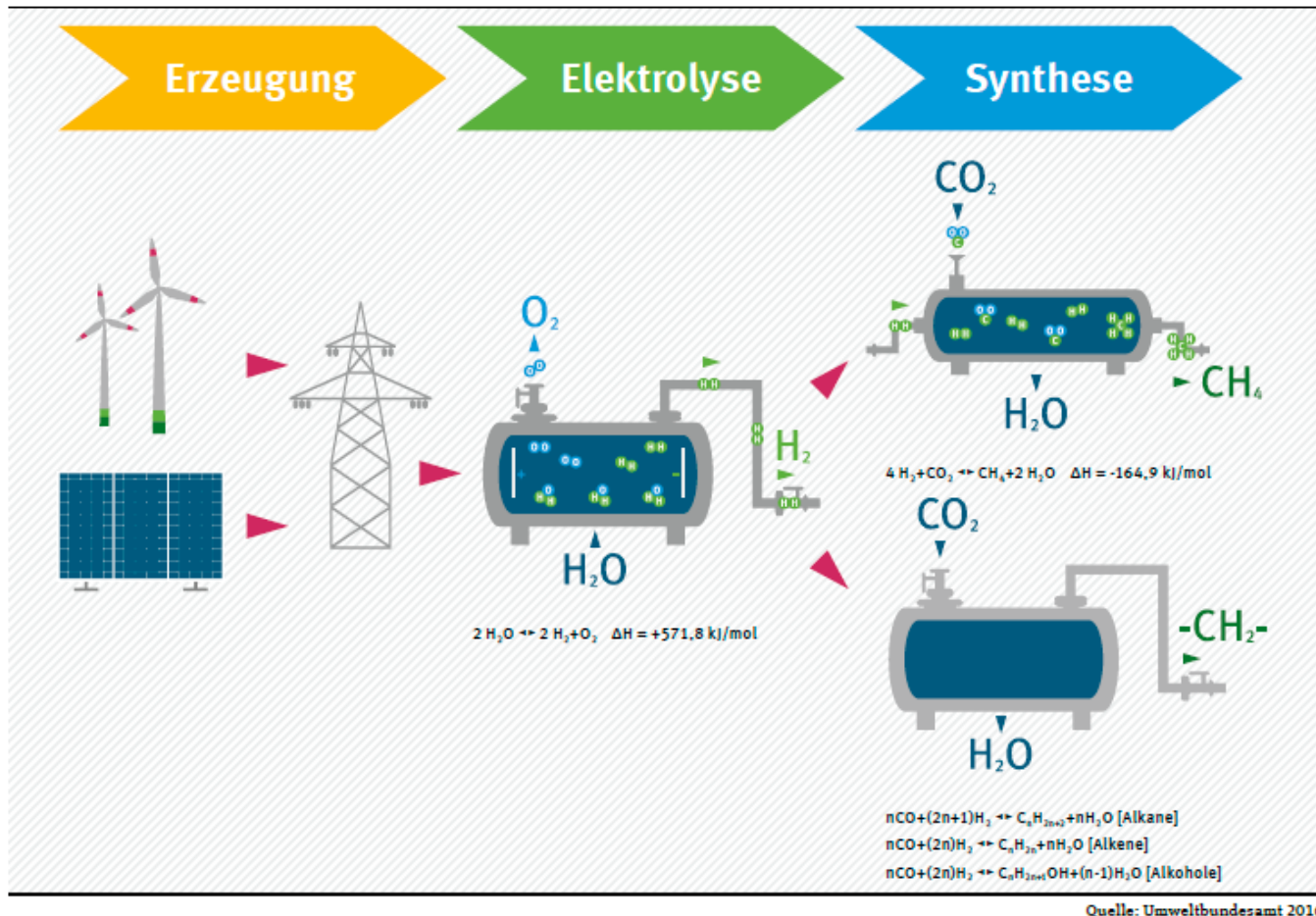
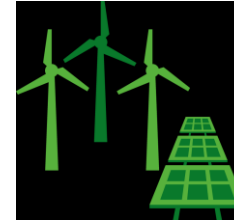
Stromerzeugung

- Treibhausgase vollständig mindern durch Erneuerbare Energien
EE-Strom wird treibhausgasneutral erzeugt, d.h. keine CO₂-Emissionen und andere Treibhausgase
- Aktuelle Strom-Erzeugung und aktuellen Bedarf ausgleichen: Laststeuerung und Speicher
Laststeuerung: Elektrolyseure als zusätzliche Last im stromnetzdienlichen Betrieb...
Speicher: Wasserstoff ist saisonaler Energiespeicher. Rückverstromung in Wasserstoff-Kraftwerken...
- Diesen Ausgleich als systemische Leistung kann nur grüner Wasserstoff erbringen! Gute Ergänzung zur fluktuierenden Stromerzeugung aus Wind und Sonne.

Wärmeerzeugung

- In der dezentralen Wärmeversorgung sind Brennstoffe technisch nahezu vollständig ersetzbar - keine technischen Restriktionen für den Fuel switch hin zum EE

Energieerzeugung

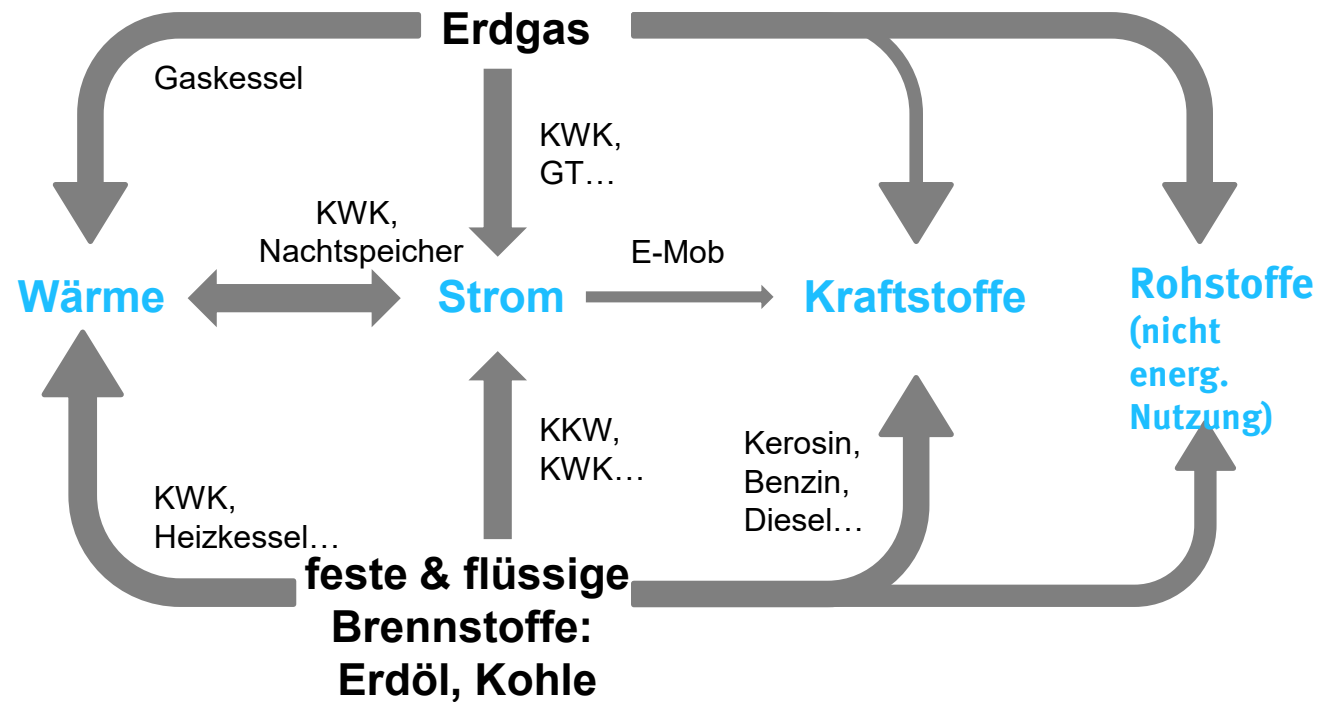


- Die Zutaten für **Wasserstoff**:
Strom, Wasser in Elektrolyseur

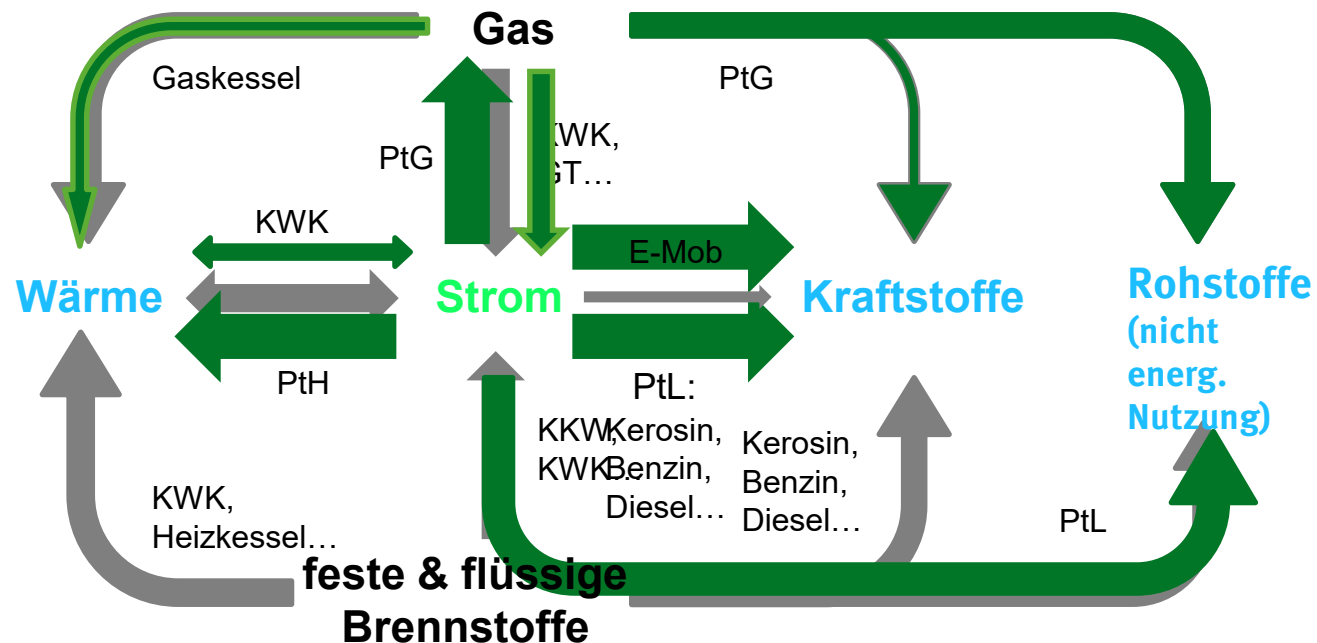
Baukasten für die **Derivate**

- Zutaten für **Methan**:
 H_2 , CO_2 in Sabatier-Prozess
 CO_2 aus Luft (DAC) oder
Biomasse od. fossiler Quelle
- Zutaten für **Kohlenwasserstoffe**:
 H_2 , CO_2 in Fischer-Tropsch-Reaktor
- Zutaten für **Ammoniak**:
 H_2 , N_2 in Haber-Bosch-Verfahren
 N_2 aus Luft

Energieversorgung früher



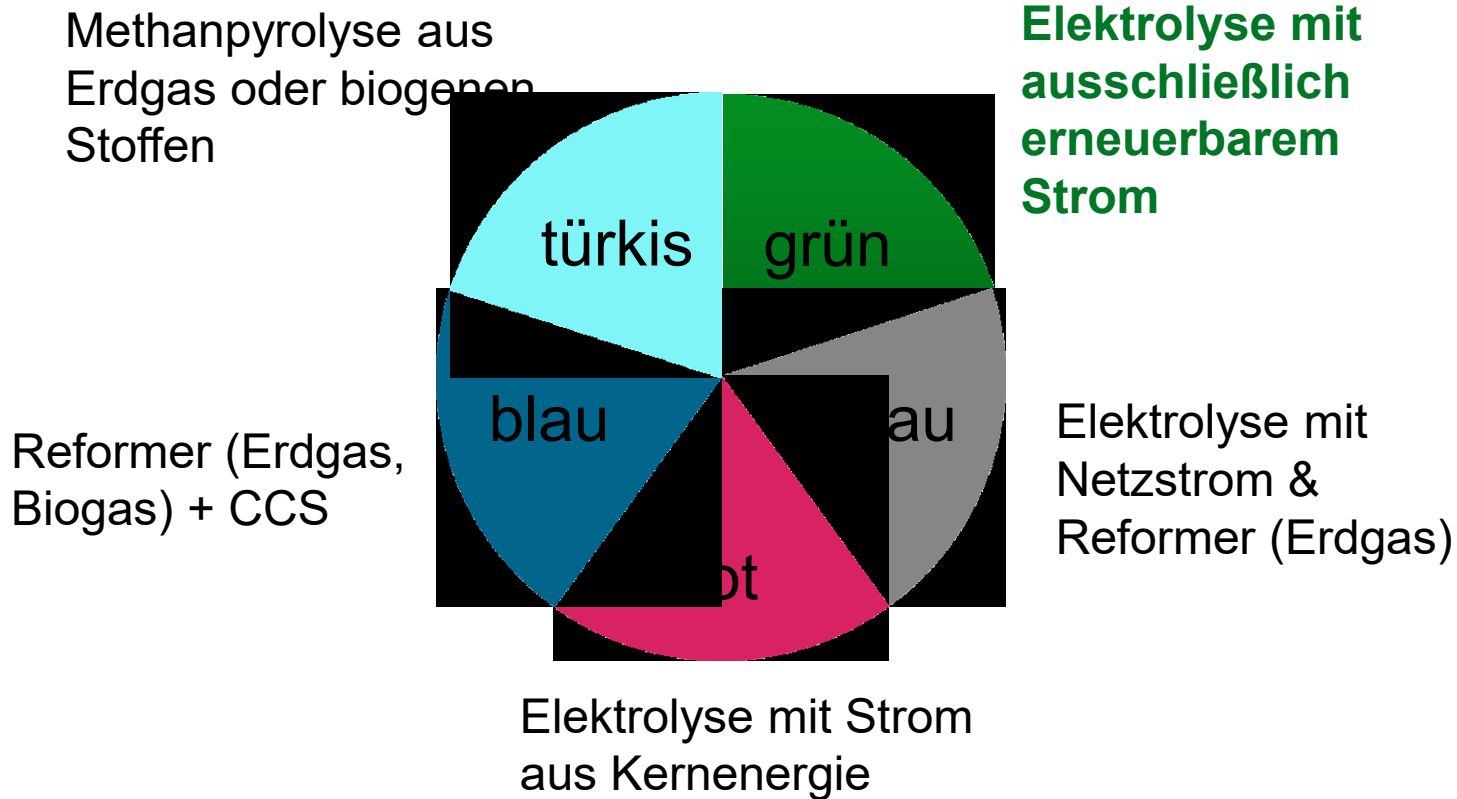
Energieversorgung in Zukunft



- **EE-Strom** als zentraler Ausgangspunkt.
- Wärme und Kraftstoffe werden daraus „hergestellt“.
- Aus Strom kann **Wasserstoff** erzeugt werden (Wasser-Elektrolyse)
- Aus Wasserstoff können weitere Energieträger (Derivate) erzeugt werden wie z.B. **Kohlenwasserstoffe (Benzin, Diesel, Kerosin, Methanol,...), Ammoniak**

Unsere Sicht: eine treibhausgasneutrale Energieversorgung ist möglich - ohne CCS, Kernenergie und energetische Nutzung von Anbaubiomasse.

„Farben“ des Wasserstoffs



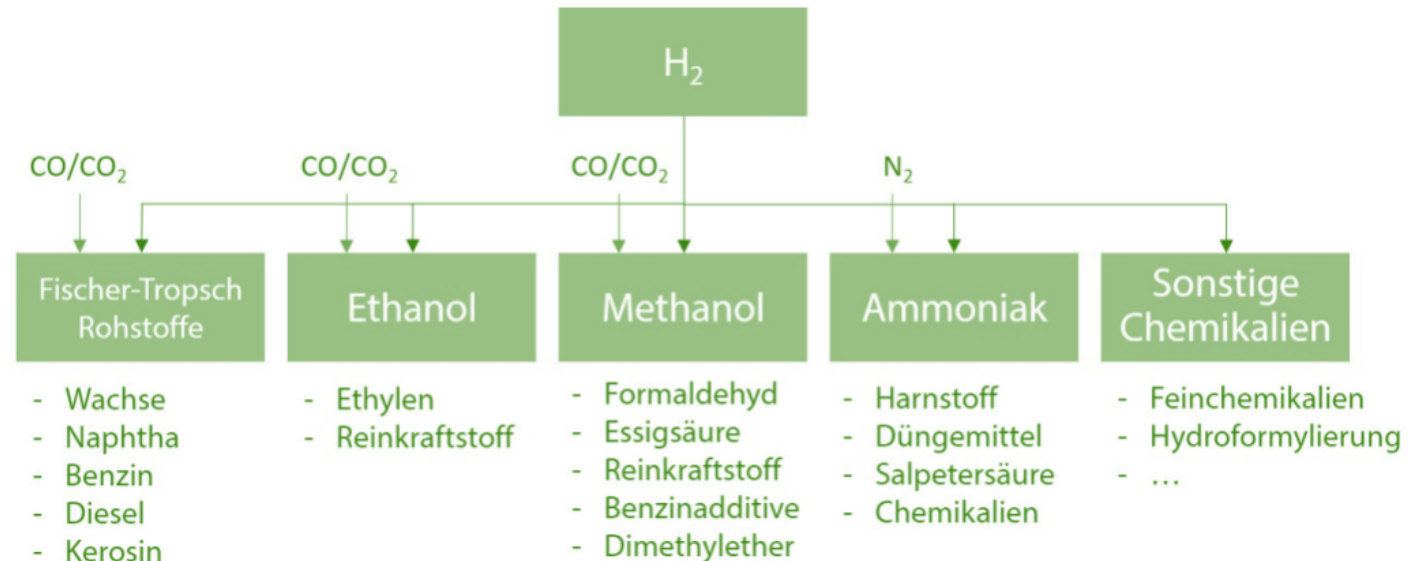
- Farben als Kurzbezeichnung, woraus und wie Wasserstoff hergestellt wird.
- Farben nicht einheitlich! Es gibt noch mehr.

Industrie



- Umstellung der Prozesswärmeerzeugung auf Power to Heat, ist für eine Vielzahl der Prozesse möglich – elektrische Dampferzeuger, Schmelzöfen etc.
- Nur wo prozesstechnisch unabdingbar: Verwendung von regenerativen Brennstoffen wie Wasserstoff (z.B. zur Erhitzung fester, schlecht wärmeleitender Einsatzstoffe).
- Einsatz von Wasserstoff vornehmlich erforderlich
 - ▶ chemische Industrie
 - ▶ Stahlindustrie

Vorgabe aus der RED für 2030:
42% des Wasserstoffs sind RFNBO
Ziel für die Mitgliedstaaten



Quelle: [2020_Sterner_H2_Wunsiedel \(wasserstoff-modellregion-fichtelgebirge.de\)](https://www.wasserstoff-modellregion-fichtelgebirge.de)

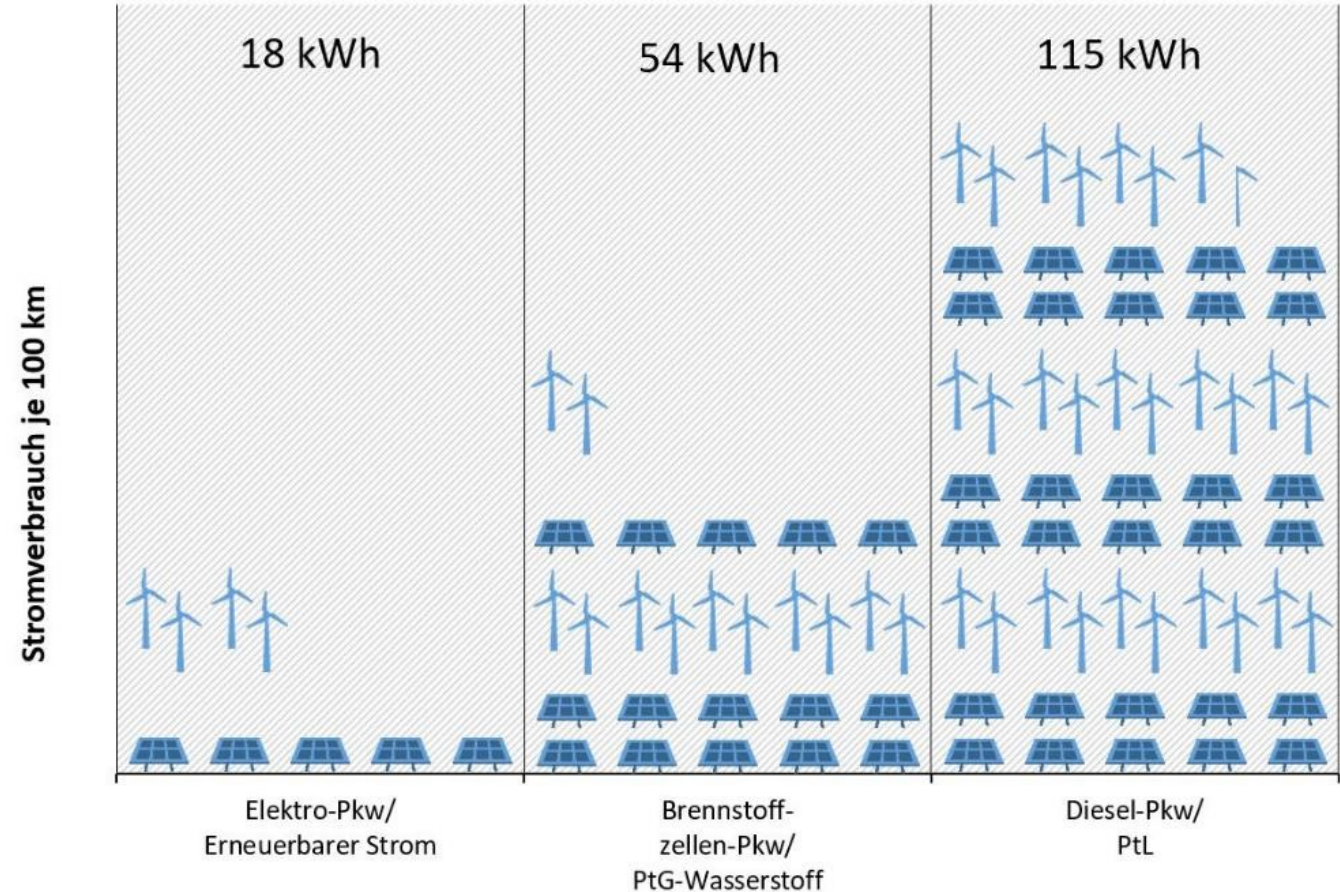
Verkehr

- **Elektrifizierung**, wo technisch möglich/sinnvoll:
 - ▶ Pkw
 - ▶ Leichte Lkw
 - ▶ Lkw mit Oberleitung
 - ▶ Bus
 - ▶ Schiene
- **Wasserstoff**
 - ▶ Lkw ohne Oberleitung
 - ▶ evtl. Binnenschiffe
- **Derivate** basierend auf Wasserstoff
 - ▶ Seeschiffe (Methanol, Ammoniak, ...)Ziel RED 2030: 1% RFNBO
 - ▶ Flugzeuge (Kerosin)Ziel RED 2030: 1,2% RFNBO



Stromverbrauch für Kompaktklasse Pkw

Ein Symbol entspricht jeweils 2 kWh



Quelle: Eigene Darstellung nach BMU (2020) auf Basis von Berechnungen des ifeu



Verkehr: Treibhausgas (THG)-Quote

Verpflichtung
Verpflichteter
Option/Förderobjekt
Dritter/Profiteur

Minderung des CO₂-Ausstoßes des gesamten Kraftstoffs
um eine prozentuale Quote in einem Jahr (relativ zum fossilen Referenzwert)

Inverkehrbringer von Otto- und Dieselmotorkraftstoffen (Mineralölkonglomerate,
Kraftstoffhändler, Raffinerien, etc.)

durch Mengen an vermiedenen THG-Emissionen z.B. durch in Verkehr gebrachten

Biodiesel aus Altspeiseölen

grünem Wasserstoff in
Raffinerien

Strom für Elektrofahrzeuge

die selbst eingesetzt werden oder
im Quotenhandel durch Zertifikate „eingekauft“ werden können von

Produzenten von
nachhaltigem Biokraftstoff

Erzeuger von grünem
Wasserstoff

Bereitsteller von Strom für
den Straßenverkehr

Darstellung: BMUV-Präsentation „Erneuerbare Energien im Verkehrsbereich“, Aug. 2024



Verkehr: Treibhausgas (THG)-Quote

Marktwirtschaftliches System mit Rahmenbedingungen:

- Verpflichtete Kraftstoffanbieter können wählen, mit welchen Optionen sie die CO₂-Minderungen erzielen...
 - Biokraftstoffe aus Nahrungs- und Futtermitteln (Raps, Soja, Weizen, etc.)
 - Abfallbasierte Biokraftstoffe (gebrauchte Speiseöle, Tierfette)
 - Fortschrittliche Biokraftstoffe (Stroh, Gülle, Tallöl, Algen, etc.)
 - Grüner Wasserstoff/ E-Fuels (in Fahrzeugen oder Raffinerieprozesse)
 - Strom für E-Fahrzeuge
 - ~~UER-Maßnahmen (Minderung bei Erdölförderung z.B. Fackelung beenden)~~

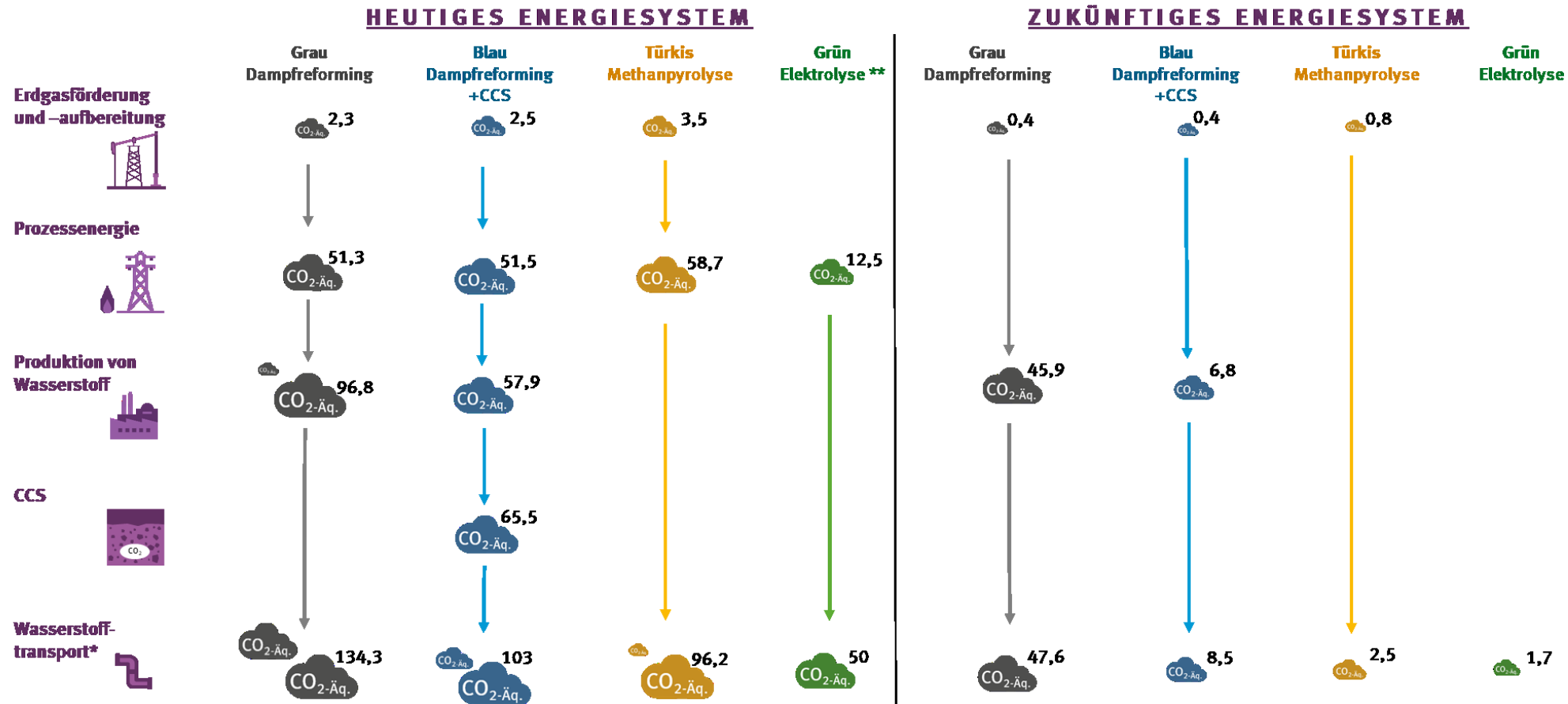
Sinnvolle Einsatzbereiche für Wasserstoff

- Wasserstoff **KANN** in vielen Bereichen eingesetzt werden
- Aber: erhebliche Umwandlungsverluste bei der Herstellung. Wasserstoff ist knapp und teuer.
- Deshalb hat die direkte Elektrifizierung Vorrang.
- Wasserstoff **SOLLTE** der Einsatz gezielt in Bereichen sein, die für die direkte Elektrifizierung ungeeignet sind.



- Effiziente Anwendungen für H_2 sind:
 - In der Stahl- und Chemieindustrie
 - Im See- und Luftverkehr
 - Als Speicher für eine stabile Stromversorgung

Wasserstoff-Import nach Deutschland: CO2 Abdruck in kg CO2-Äq./kg H2

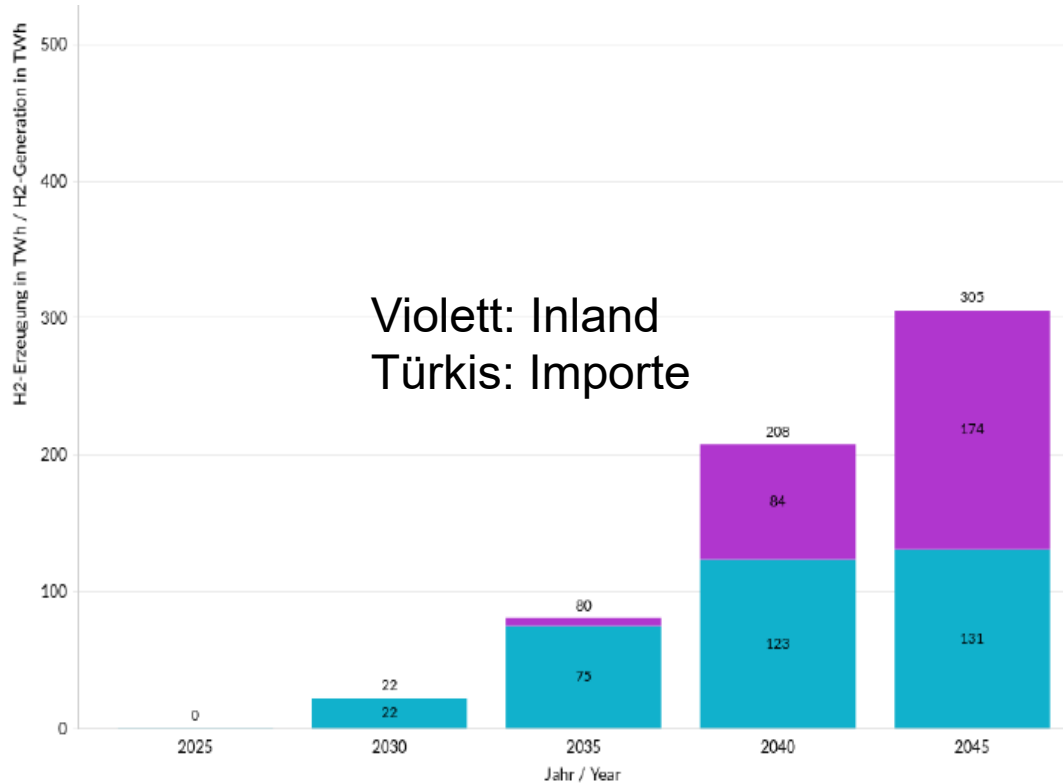


* Hinweis: Für Transport von Wasserstoff wurden 3.000 km unterstellt.

** mit Strom aus allgemeiner Versorgung

Quelle: Umweltbundesamt basierend auf bisher unveröffentlichten Forschungsbericht „Welche Treibhausgasemissionen verursacht die Wasserstoffproduktion?“ im laufenden Forschungsvorhaben „Transformation der Gasinfrastruktur zum Klimaschutz“ (FKZ 3720435030).

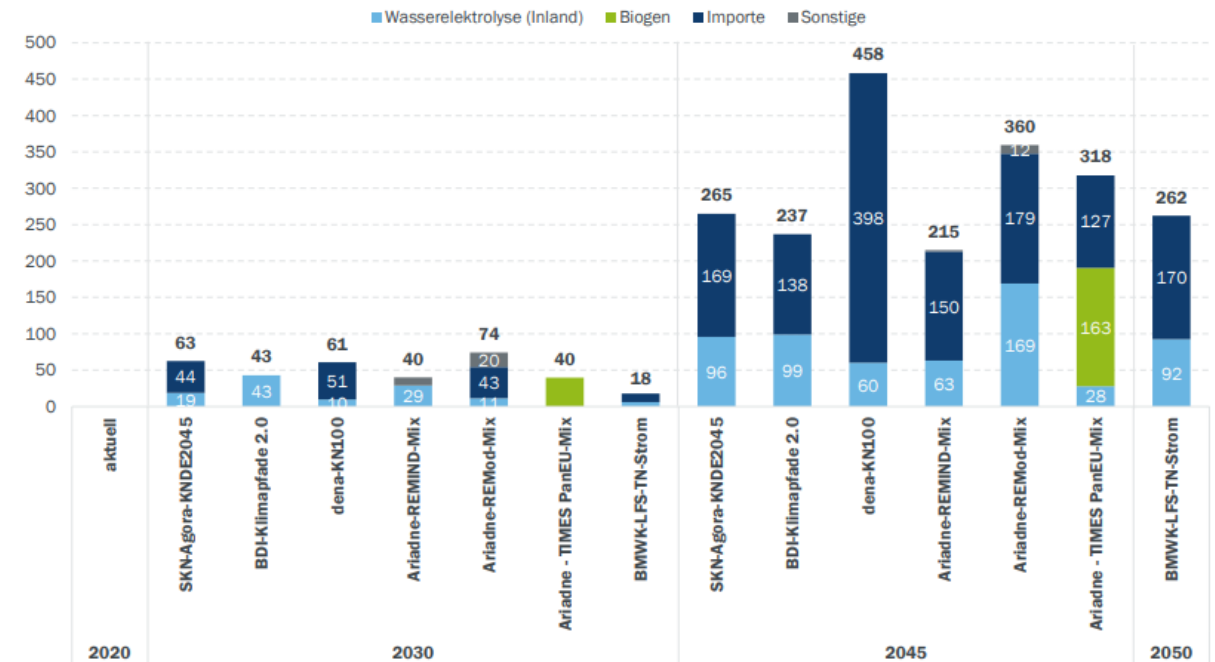
Wasserstoff – Wieviel und woher?



Wasserstoffbedarf gemäß Langfristszenario „045 Strom“
der Bundesregierung, in TWh = Milliarden Kilowattstunden

Quelle: Langfristszenarien der Bundesregierung, Szenario 045 Strom
<https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/>

[TWh/a]

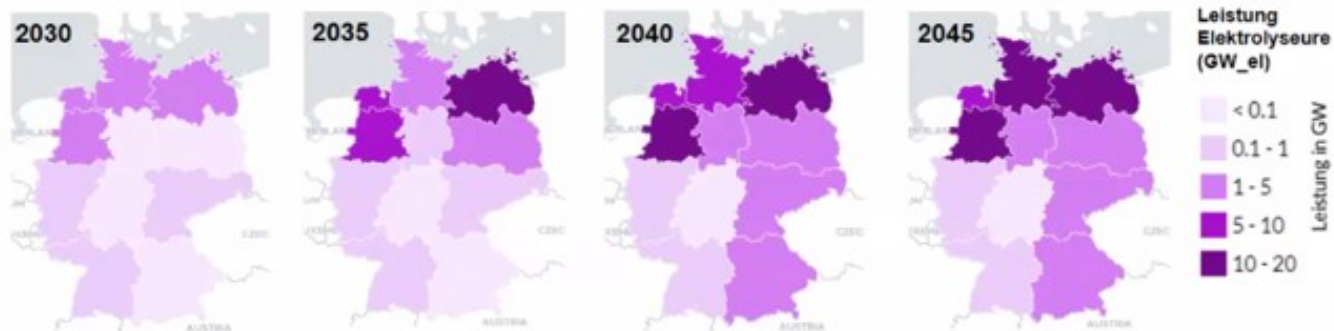


Quelle: https://ariadneprojekt.de/media/2022/03/2022-03-16-Big5-Szenarienvergleich_final.pdf

Wasserstoff – Wieviel und woher?

Elektrolyseure in Deutschland: Szenario T45-Strom* Erkenntnisse aus Szenario-Update

O45-Strom



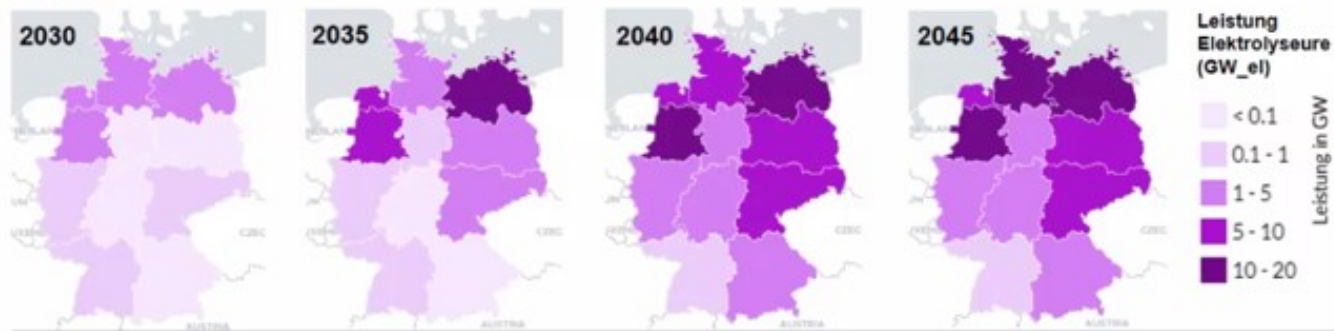
Ergebnisse

- Optimale Elektrolyse-Standorte vorrangig im Norden und Osten
- Kaum Elektrolyse im Südwesten (hier sind Verbrauchszentren)
- O45-H2: verstärkter Zubau von Elektrolyse im Osten

Einordnung

- Vorangige Allokation der Elektrolyseure im Norden ist robust, aufgrund des EE-Angebotes und der Nähe zu H2-Speichern.
- Bei erhöhtem H2-Bedarf: Zubau von Elektrolyse in ostdeutschen Regionen aufgrund Sättigung des Windenergiepotenzials für Elektrolyse im Norden

O45-H2



Nachfrage – Neuerungen – Stromsystem – Wärmenetze – Wasserstoff – Speicher – Fazit					
Definition	Strom	Wärmenetze	Batterien	Wasserstoff	Speicher

Deutsches Wasserstoff-Kernnetz (2025 – 2032)

2025

Erste Leitungsteile in Betrieb:

Lubmin – Bobbau (12/2025)

Bad Lauchstädt – Leuna (06/2025)

Lingen – Bad Bentheim, Emsland (04/2025)

Bis 2032

9.040 km Länge

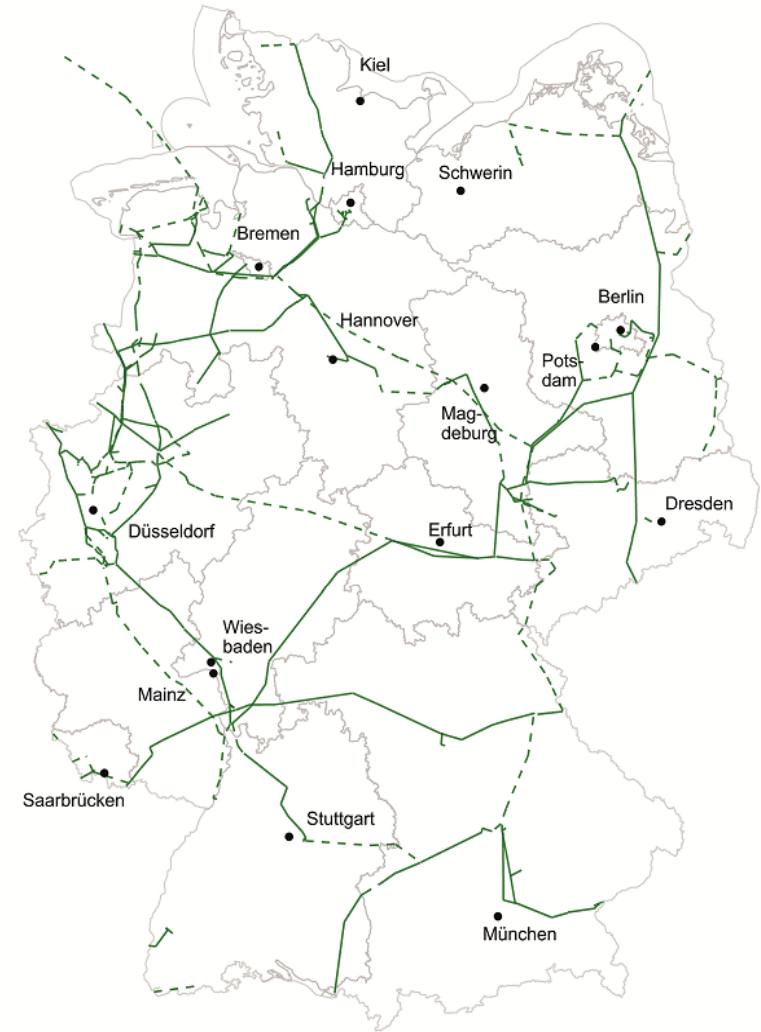
Davon ca. 60% umgerüstete Erdgasleitungen

Erwartete Kosten: 18,9 Milliarden €

Einspeisekapazität: 101 GW

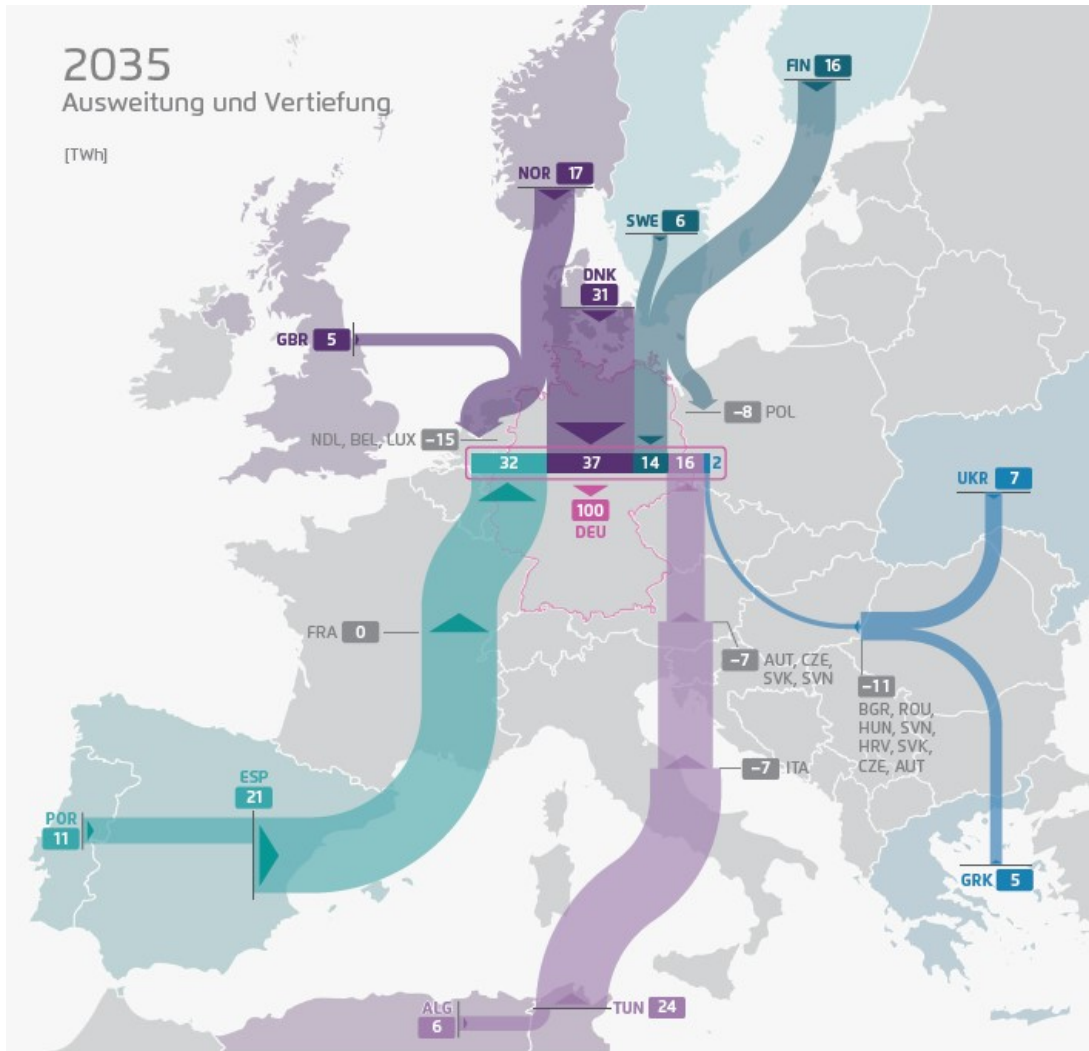
Ausspeisekapazität: 87 GW

Genehmigtes Wasserstoffkernnetz



Quelle: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Kernnetz/start.html>

Europäisches Wasserstoff-Netz



Quelle: Agora Energiewende, Agora Industrie und Guidehouse (2024): Wasserstoffimporte Deutschlands – Welchen Beitrag können Pipelineimporte in den 2030er Jahren leisten?

European Hydrogen Backbone

- Das Netz entsteht bis 2040
- Oft aus umgerüsteten Erdgasleitungen
- Enge intl. Zusammenarbeit nötig

Vorteile eines europäischen Binnenmarktes

- Deckung von Angebot mit grünen Wasserstoff
- Kurze Transportwege
- Ausschöpfen des europäischen EE-Angebots
- Einbindung der Offshore Windkraft
- Effizienteste Transportoption
- Energiepartnerschaften auf Augenhöhe
- Stärkung der europäischen Wasserstoffindustrie

Wasserstoff-Hochlauf: Was läuft?

- Vereinfachte Verfahren zur **Planung und Genehmigung**. Infrastruktur-Vorhaben liegen im überragenden öffentlichen Interesse (Wasserstoffbeschleunigungs-Gesetz)
- **Energie- und Wasserstoff-Partnerschaften** der BuReg mit vielen potenziellen Produktionsländern, auch zur Versorgung Deutschlands
- Doppelauktionsmodell **H2 Global** zum Einkauf von Wasserstoff
- **Klimaschutzverträge** des Staates mit der Industrie zum Ausgleich der Differenzkosten
- **Leitmärkte** für grüne Produkte, z.B. grünen Stahl
- Wasserstoff unterfällt dem **CBAM** – gleicher CO₂-Preis für importierte und heimische Produkte
- EU-Mindest-Verwendungsquoten für grünen Wasserstoff bzw. Derivaten (RFNBO) in Industrie und Verkehr (RED)
- Europäische Förderung von grünen H₂-Projekten zu Erzeugung, Transport und Nutzung (**IPCEI**)

Handlungsbedarf besteht JETZT!

Die Erde: Kühl länger haltbar



Bild: <https://www.stimme.de/leben/technik/wissenschaft/klimawandel-macht-die-tage-laenger-art-4943979>



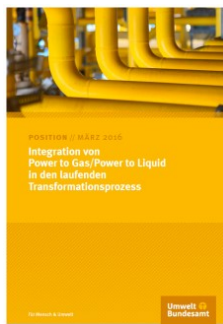
Climate Change & Climate Justice: Kaktus Cartoon Award 2023
zu Gast im Busch · Museum Wilhelm Busch (karikatur-
museum.de)

Vielen Dank! Fragen?

Reinhard Herbener

Fachgebiet V 1.2 Strategien und Szenarien zu Klimaschutz und Energie

www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie



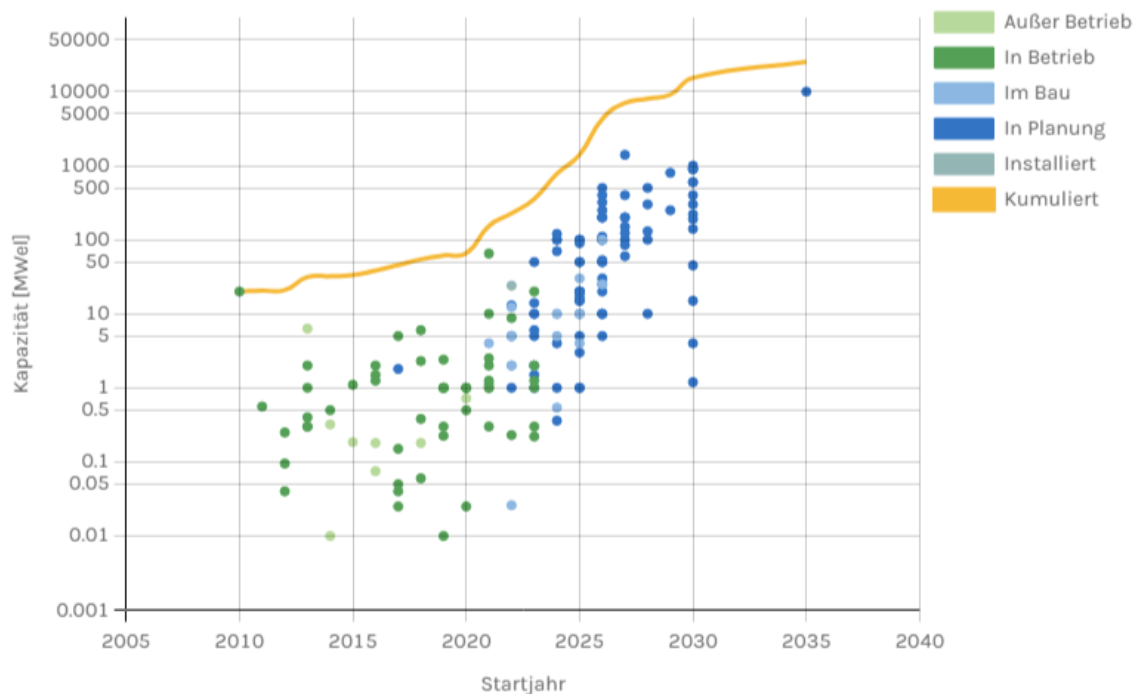
**Umwelt
Bundesamt**

HKNR
Herkunftsnachweisregister

Hochlauf Wasserstoff: Installierte Kapazität Elektrolyse

Elektrolysekapazitäten

Angekündigte Elektrolyseprojekte nach aktuellem Status, geplanter bzw. installierter Leistung und dem (voraussichtlichen) Startjahr der Wasserstoffproduktion. Kumuliert ergeben diese Leistungen die gesamte Elektrolysekapazität, die im Wasserstoff-Kompass aufgenommen ist.



Installierte Leistung

Aktuell (Anfang 2025): 153,7 MW

Bis 2030 angekündigt: 13,4 GW

Bis 2035 angekündigt: 28,0 GW*

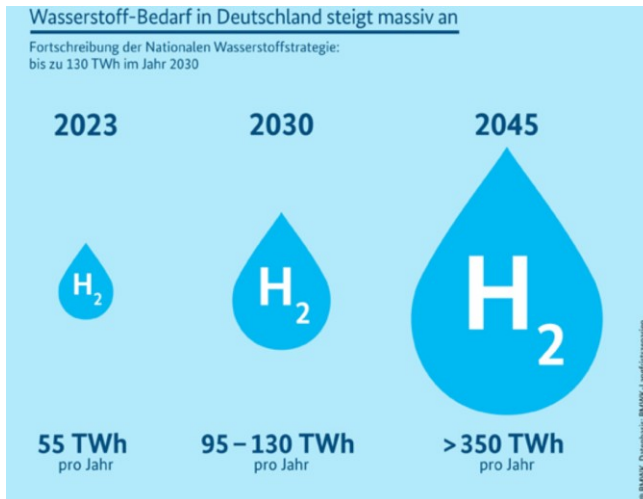
(* inkl. nicht datierter Projekte)

Quelle: Wasserstoff-Kompass von Acatech und DECHEMA, [Elektrolyse-Monitor | Wasserstoff Kompass](#)

Copyright: acatech/DECHEMA

Nationale Wasserstoff-Strategie, Fortschreibung

- Erzeugungsanlagen in Deutschland 2030 mindestens 10 GW
- Zeitraum bis 2035 weitere 5 GW
- Bis 2027/28 Wasserstoffstartnetz mit mind. 1.800 km in D, 4.500 km in Europa (European Hydrogen Backbone)
- Etablierung von Anwendungen in den Sektoren
- D wird Leitanbieter für Wasserstoff-Technologien
- Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen, u.a. Zertifizierung



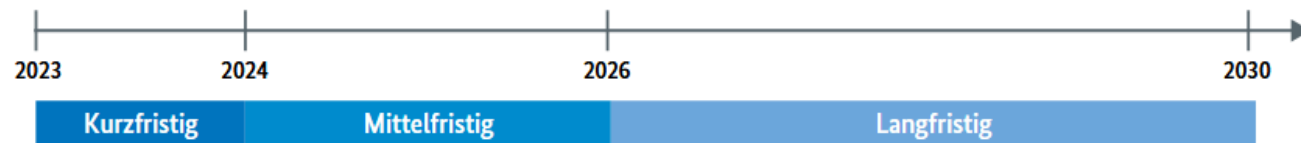
Handlungsfelder der NWS-Fortschreibung

1. Verfügbarkeit von ausreichend Wasserstoff sicherstellen

2. Wasserstoffinfrastruktur ausbauen

3. Wasserstoffanwendungen etablieren (Industrie, Verkehr, Strom, Wärme)

4. Gute Rahmenbedingungen schaffen



Koalitionsvertrag – was ist in der Diskussion?

16 AG verhandelten bis Mitte KW 13

Inhalte der AG Klima und Energie:

- Entlastungen **Strompreis** für Gewerbe und Privatkunden, mind. 5 ct/kWh (Stromsteuer, Netzentgelte)
- **Wasserstoff aus unterschiedlichen Quellen** nutzen
- Langfristig: klimaneutraler Wasserstoff
- „**Überregulierung**“ verringern (wg. strenger EU-Anforderungen an grünen Wasserstoff?)
- Vertrauenswürdiges und unbürokratisch umsetzbares **Zertifizierungssystem**
- **Führende Rolle Deutschlands** in einer europäischen H2-Allianz
- **H2-Kernnetz** soll Osten und Süden besser einbinden
- **Leitmärkte für klimaneutrale Produkte** schaffen. Das soll die Nachfrage in Gang bringen.